



Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS

Campus Erechim

Renata Treméa

**AVALIAÇÃO PRELIMINAR DA QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA DE
CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO DA CIDADE DE ERECHIM-RS**

Erechim - RS

2017

Renata Treméa

**AVALIAÇÃO PRELIMINAR DA QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA DE
CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO DA CIDADE DE ERECHIM-RS**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Universidade Federal
da Fronteira Sul – UFFS – Campus
de Erechim, como parte das
exigências para obtenção do título
de Bacharela em Engenharia
Ambiental e Sanitária.

Orientadora: Prof.^a Dra. Cristiane Funghetto Fuzinatto

Coorientador: Prof.^o Dr. Roberto Valmir da Silva

Erechim - RS

2017

Renata Treméa

**AVALIAÇÃO PRELIMINAR DA QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA DE
CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO DA CIDADE DE ERECHIM-RS**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Universidade Federal
da Fronteira Sul – UFFS – Campus
de Erechim, como parte das
exigências para obtenção do título
de Bacharela em Engenharia
Ambiental e Sanitária.

Aprovada em ____/____/____

Banca Examinadora:

Prof^a. Dra. Cristiane Funghetto Fuzinatto
(orientadora)
UFFS – Erechim

Prof. Dr. Roberto Valmir da Silva
(coorientador)
UFFS – Erechim

Prof. Dr. Paulo Afonso Hartmann
UFFS – Erechim

Prof^a. Dra. Clarissa Dalla Rosa
UFFS – Erechim

DEDICATÓRIA

Aos meus pais,
por me apoiarem nos meus sonhos
e acreditarem em mim.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus, pelo dom da vida, por me permitir estar onde estou hoje e por ser o maior mestre que alguém pode ter.

À minha família, Ires Valentini Treméa, Antônio Martim Treméa, Roberta Treméa e ao meu cachorro Moofy, por me darem forças em todos os meus momentos de dificuldade, por serem a razão pela qual eu vivo e por sempre permanecerem ao meu lado.

Ao meu namorado e companheiro de todos os momentos, Lucas Silva Sauter, por todo o apoio, compreensão, carinho e amor em todos os momentos, não só deste trabalho.

À minha professora orientadora Cristiane Funghetto Fuzinatto pela paciência, dedicação em me auxiliar neste trabalho, parceria e companheirismo.

Ao meu professor coorientador Roberto Valmir da Silva por ter sido não somente um coorientador, mas também um amigo, por toda a paciência e por toda a ajuda para elaborar este trabalho.

Aos meus queridos amigos, em especial à Paolla Cechet, Jéssica Treméa Vargas, Caio Aguiar, André Trczinski, André Donato Zanon, Manuele Frare Freddo, Michele Balsanello Sviderskei e Karina Paula Preczeski, por escutarem atentamente todos os meus desabafos, por me ajudarem nos meus momentos de indecisão e por estarem presentes em todos os momentos.

À Equilibrium X, por todo o conhecimento repassado a mim durante o estágio e pelo companheirismo de todos os dias, em especial à Vania Mara Ângelo da Costa, Juliana Rochele Daltoé e Juliana Rosa dos Santos.

À Universidade Federal da Fronteira Sul, juntamente dos professores e funcionários que me auxiliaram durante todo o decorrer da graduação e que colaboraram para a minha formação profissional.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, colaboraram para realização do meu trabalho.

“Eis o meu segredo.

É muito simples:

Só se vê bem com o coração.

O essencial é invisível aos olhos. ”

(Antoine de Saint-Exupéry)

RESUMO

A água é um importante recurso natural para a manutenção vida na Terra. Apesar de ser um recurso renovável, o processo de degradação de sua qualidade e quantidade é um grande problema no Brasil. Os usos da água também estão relacionados com necessidades de agricultura, da indústria e domésticas, caracterizando, portanto, a sua importância para a economia do país. O município de Erechim (RS) conta com dois rios principais para o abastecimento público. Os rios Ligeirinho e Leãozinho contribuem para o reservatório, que é gerenciado pela Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN). Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade da água dos rios Ligeirinho e Leãozinho através do monitoramento da qualidade da água em três localidades: as duas saídas dos rios próximos ao reservatório de água (R1 e R2) e próximo à barragem do reservatório (R3). O Índice de Qualidade da Água (IQA) e testes toxicológicos com o microcrustáceo *Daphnia magna* foram utilizados para avaliar a qualidade da água. O Índice de Qualidade da Água (IQA) foi estimado através da avaliação dos seguintes parâmetros: pH, Temperatura e Oxigênio Dissolvido (OD), Turbidez, Sólidos Totais, Coliformes Fecais, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_{5,20}), Nitrato, Nitrito, Nitrogênio Amoniacal e Fósforo Total. Além disso, testes toxicológicos foram feitos da seguinte maneira: toxicidade aguda (em todas as amostras) e toxicidade crônica (amostras do reservatório). Um IQA considerado Bom foi registrado em todas as amostras utilizando como referência o CETESB-SP e, utilizando como referência a FEAM-MG, foi registrado um IQA Médio para a amostra R2 e um IQA Médio a Bom para as amostras R1 e R3. Apesar da boa qualidade registrada no IQA, foi verificado que há alguns parâmetros que se encontram fora dos limites estabelecidos pela resolução CONAMA nº 357/2005, que são os seguintes: Coliformes Termotolerantes, DBO_{5,20}, Nitrato, Fósforo Total, pH e OD. No tocante aos testes de toxicidade aguda, foi verificada ausência de toxicidade aguda para todas as amostras. Da mesma forma, com relação ao teste crônico, foi constatada a ausência de efeitos tóxicos crônicos para o reservatório. Considerando os resultados dos parâmetros analisados neste estudo, os resultados obtidos são considerados preocupantes, uma vez que os rios são utilizados para a rede pública de abastecimento de água do município de Erechim (RS).

Palavras-chave: IQA. Testes toxicológicos. Águas superficiais. Abastecimento público.

ABSTRACT

Water is an important resource for life maintenance on Earth. Although it is a renewable resource, the degradation process of its quality and quantity is a major issue in Brazil. Water uses are also related to agriculture, industry and domestic needs, thereby characterizing its importance to the country's economy. The city of Erechim has two main rivers, which are the sources for public water supply. The Ligeirinho and Leãozinho rivers contribute to a reservoir, which is managed by the Sanitation Company of Rio Grande do Sul (CORSAN). Thus, the aim of this study was to evaluate the water quality of the Ligeirinho River and Leãozinho River by means of monitoring water quality at three locations: the two rivers outlet near the water reservoir (R1 and R2) and near the reservoir dam (R3). Water Quality Index (WQI) and toxicological tests using the micro-crustacean *Daphnia magna* were used to evaluate the water quality. The Water Quality Index (WQI) was estimated through the evaluation of the following parameters: pH, Temperature, Oxygen Dissolved (DO), Turbidity, Total Solids, Thermotolerant Coliforms, Biochemical Oxygen Demand (BOD), Nitrate, Nitrite, Ammonical Nitrogen and Total Phosphorus. In addition, toxicological tests were carried out, as follows: acute toxicity (in all the samples) and chronic toxicity (reservoir samples). A WQI considered good was registered for all the samples using CETESB-SP as reference, and a Medium WQI for the sample R2 and a Medium to Good WQI for samples R1 and R3 using FEAM-MG as reference was registered. Despite the Good quality registered in WQA, it was verified that there were some parameters in discordance with the resolution CONAMA 357/2005, which are as follows: Fecal Coliforms, BOD, Nitrate, Total Phosphorus, pH and DO. Regarding acute toxicity test, it was verified the absence of acute toxicity for all samples. Similarly, it was not recorded any chronic toxicity in the water of the reservoir. Considering the results of the assessed parameters in this study, the results obtained are of concern, once the rivers are used for the public water supply of the city of Erechim.

Key-words: WQI. Toxicological tests. Surface water. Public supply.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Microcrustáceo <i>Daphnia magna</i>	35
Figura 2 - Mapa de Localização do Município de Erechim (RS) e APA, com os pontos de coleta.	37
Figura 3- Uso e Ocupação da Terra da APA dos Rios Ligeirinho e Leãozinho. (1) Solo exposto, cultivo. (2) Vegetação intermediária. (3) Vegetação densa, floresta.	39
Figura 4 – Amostragem dos dados de Temperatura nos pontos de coleta.	51
Figura 5 - Amostragem da concentração de OD nos pontos de coleta.	52
Figura 6 - Amostragem da concentração de Coliformes Termotolerantes nos pontos de coleta.	54
Figura 7 – Amostragem dos valores de pH nos pontos de coleta.	55
Figura 8 – Amostragem da concentração de DBO _{5,20} nos pontos de coleta....	57
Figura 9 - Amostragem dos valores de Turbidez nos pontos de coleta.....	59
Figura 10 - Amostragem da concentração de Sólidos Totais nos pontos de coleta.....	60
Figura 11 – Amostragem da concentração de Fósforo Total nos pontos de coleta.....	61
Figura 12 – Amostragem da concentração de Nitrato nos pontos de coleta. ...	63
Figura 13 – Amostragem da concentração de Nitrito nos pontos de coleta.	65
Figura 14 - Amostragem da concentração de Nitrogênio Amoniacal nos pontos de coleta.....	66
Figura 15 - Resultados do IQA de acordo com a CETESB (SP).....	67
Figura 16 - Resultados do IQA de acordo com a FEAM (MG)	68
Figura 17– Mapa de classes do solo e possíveis contaminações. (0) Vegetação de médio porte. (1) Lavouras, solo exposto. (2) Floresta menos densa. (3) Floresta densa.....	69
Figura 18– <i>Daphnia magna</i> observada na lupa.....	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros medidos, com suas respectivas unidades e metodologia de análise.	42
Tabela 2 – Resultados dos parâmetros do IQA para os três pontos de coleta para o mês de dezembro.	48
Tabela 3 – Resultados dos parâmetros do IQA para os três pontos de coleta para o mês de janeiro.	49
Tabela 4 – Resultados dos parâmetros do IQA para os três pontos de coleta para o mês de fevereiro.	50
Tabela 5– Resultados do teste de toxicidade crônica.	71

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Descrição e coordenadas dos pontos de coleta.....	40
Quadro 2– Classificação da qualidade das águas.	44
Quadro 3 - Classificação da qualidade das águas	44

SUMÁRIO

SUMÁRIO	12
1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	17
2.1 OBJETIVO GERAL	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3 JUSTIFICATIVA	17
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
4.1 RECURSOS HÍDRICOS E BACIAS HIDROGRÁFICAS	20
4.2 USO E CONSUMO DE ÁGUA	22
4.3 LEGISLAÇÃO	24
4.4 FATORES QUE INTERFEREM NA QUALIDADE DA ÁGUA.....	25
4.4.1 Fatores naturais	25
4.4.2 Fatores antrópicos	26
4.5 QUALIDADE DA ÁGUA E ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA)	27
4.6 PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA	28
4.6.1 Oxigênio Dissolvido (OD).....	28
4.6.2 Coliformes Termotolerantes	29
4.6.3 Potencial Hidrogeniônico (pH)	30
4.6.4 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO _{5,20}).....	30
4.6.5 Temperatura da água	30
4.6.6 Nitrogênio total	31
4.6.7 Fósforo Total.....	32
4.6.8 Turbidez.....	32
4.6.9 Sólidos totais	33
4.7 TOXICOLOGIA AMBIENTAL	33
4.8 DETERMINAÇÃO DO ORGANISMO TESTE	34
4.9 TESTES TOXICOLÓGICOS	36
5 METODOLOGIA.....	37
5.1 ÁREA DE ESTUDO.....	37
5.2 COLETA E PRESERVAÇÃO DAS AMOSTRAS	41
5.3 ANÁLISES FÍSICO QUÍMICAS E BIOLÓGICAS.....	42
5.4 ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA	43
5.5 CULTIVO DE <i>Daphnia magna</i>	44
5.6 TESTE DE TOXICIDADE AGUDA COM <i>Daphnia magna</i>	44
5.7 TESTE DE TOXICIDADE CRÔNICA COM <i>Daphnia magna</i>	45
5.8 TESTE DE SENSIBILIDADE COM <i>Daphnia magna</i>	46
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
6.1 AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS DA ÁGUA SUPERFICIAL	47
6.1.1 Temperatura	51

6.1.2	Oxigênio dissolvido.....	52
6.1.3	Coliformes Termotolerantes.....	53
6.1.4	Potencial Hidrogeniônico (pH)	55
6.1.5	Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO _{5,20}).....	56
6.1.6	Turbidez.....	58
6.1.7	Sólidos Totais	59
6.1.8	Fósforo Total.....	61
6.1.9	Nitrato	63
6.1.10	Nitrito.....	64
6.1.11	Nitrogênio Amoniacal	65
6.2	ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA	67
6.3	TESTES DE TOXICIDADE	70
6.3.1	Toxicidade Aguda.....	70
6.3.2	Toxicidade Crônica.....	70
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	73
	REFERÊNCIAS.....	75

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural imprescindível para o desenvolvimento de um ecossistema sustentável e para dar suporte e manutenção ao desenvolvimento e sobrevivência dos seres vivos que habitam o planeta (EUROPEAN, 2016; SUN et al., 2016). Nos seres humanos, a água representa aproximadamente 75% da composição corporal, enquanto que nas plantas herbáceas, o teor de água equivale a cerca de 90% e em bactérias e outros organismos pode alcançar até 95%. A importância da presença da água na fisiologia é um dos indicativos de que a falta desse recurso pode danificar os ecossistemas, causando um desequilíbrio ambiental (ZERWES, 2015; BOYD, 2000).

A superfície da Terra é composta por cerca de 75% de água, considerando tanto sua forma líquida quanto a sua forma sólida (NASA, 2010). De toda a água disponível, sabe-se que apenas 0,8% é considerada própria para abastecimento público, sendo que apenas 3% da pequena fração disponível, são de fácil extração, ou seja, de águas superficiais. Diante disso, atenta-se à importância de preservar os recursos hídricos na Terra e, conseqüentemente, evitar que essa pequena fração de água disponível seja contaminada (SPERLING, 2005).

A água é um recurso indispensável não somente para manter as funções corporais, mas também para sustentar o crescimento da economia e a prosperidade, uma vez que os principais usos da água se resumem a atividades de agricultura, produção de energia, fabricação, transporte, propósitos de saneamento e domésticos (EUROPEAN, 2010; BOYD, 2000).

De acordo com Dezuane (1996), entende-se por água potável aquela que é distribuída ao consumidor e que pode ser utilizada para propósitos domésticos com um determinado nível de segurança e qualidade. A água de qualidade para a manutenção das condições básicas de saúde provém principalmente de condições adequadas de saneamento (UNESCO, 2015).

A qualidade da água, para Vigil (2003), pode ser influenciada por diversos fatores, sejam eles naturais ou de origem antrópica. Como fatores naturais, podem-se citar geologia, clima, morfologia, localização, entre outros. Ainda de

acordo com o autor supracitado, os fatores de origem antrópica que influenciam na qualidade da água ocorrem há muitos anos e permanecem até nos dias atuais, como é o caso da disposição inadequada dos rejeitos e resíduos sólidos provenientes de atividades domésticas e industriais, além dos problemas relacionados à destinação inadequada de efluentes nos oceanos, que até então acreditava-se que a água dos oceanos seria capaz de assimilar todos os tipos de rejeito lançados. Diante disso, surge a premissa de realizar testes para avaliar a qualidade da água de abastecimento público e adequá-la aos padrões de potabilidade.

Knie & Lopes (2004) afirmam que existem duas maneiras de verificar a qualidade da água. As análises químicas, que são utilizadas para identificar e quantificar as substâncias químicas presentes na água, e as análises biológicas, que se destacam por qualificar os efeitos causados por essas substâncias.

Com relação às análises químicas, elas são utilizadas para avaliar as amostras de água utilizando-se uma série de parâmetros para classificar adequadamente a qualidade da água para fins de consumo e irrigação. O Índice de Qualidade da Água (IQA) resume as informações coletadas em parâmetros numéricos mais simplificados em um único valor, que é utilizado para avaliar as variações que ocorrem na qualidade da água (KRISHAN, 2016). Os parâmetros da qualidade da água que compõem o IQA apresentam-se em nove: Oxigênio Dissolvido (OD), Coliformes Termotolerantes (CT), Potencial Hidrogeniônico (pH), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_{5,20}), Temperatura (°C), Nitrogênio total, Fósforo total, Turbidez e Sólidos Totais. (ANA, 2016).

Com relação às análises biológicas, o ramo da toxicologia ambiental se destaca por realizar ensaios com matéria viva, revelando os efeitos agudos e crônicos provenientes das substâncias químicas presentes na água. A análise toxicológica estuda os efeitos da interação entre as substâncias químicas com os organismos-testes, de forma a descobrir a nocividade de tais substâncias e também como e onde os seus efeitos se manifestam, se estão isoladas ou em forma de misturas (KNIE & LOPES, 2004).

A Portaria nº 2.914 de 2011 do Ministério da Saúde estabelece as metodologias para controle e monitoramento relacionados à qualidade da água para abastecimento público e seu padrão de potabilidade (BRASIL, 2011). Esta

Portaria discute desde as responsabilidades dos estados e municípios, quando os compete, até exigências aplicáveis e soluções de abastecimento público de água, bem como possíveis penalidades. Além disso, os padrões de potabilidade das águas para abastecimento público, citados na portaria, devem respeitar as disposições descritas, estando de acordo com os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos descritos nela. Para garantir a qualidade da água para abastecimento, são necessárias as ações de monitoramento e controle, realizando com frequência as análises físicas, químicas e biológicas da água (BRASIL, 2011). Dessa forma, a qualidade da água destinada ao abastecimento público deve estar de acordo com esta resolução.

O município de Erechim (RS) possui sistema de oferta de água de mananciais superficiais. O abastecimento é satisfatório, com uma demanda de aproximadamente 329 L/s de acordo com a projeção feita para o ano de 2015 (ANA, 2010).

Diante disso, este trabalho teve por objetivo avaliar a qualidade da água dos Rios Ligeirinho e Leãozinho através do monitoramento da qualidade da água em três localidades: as duas saídas dos rios próximos ao reservatório de água (R1 e R2) e próximo à barragem do reservatório (R3). Para atingir este objetivo buscou-se determinar o Índice de Qualidade das Águas (IQA) e ainda realizar testes de toxicidade aguda e crônica com o microcrustáceo *Daphnia magna*.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a qualidade da água dos rios Ligeirinho e Leãozinho através do monitoramento da qualidade da água em três localidades: as duas saídas dos rios próximos ao reservatório de água (R1 e R2) e próximo à barragem do reservatório (R3), utilizando o Índice de Qualidade da Água (IQA) e testes toxicológicos com o microcrustáceo *Daphnia magna*.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar os parâmetros físico-químicos e microbiológicos para os pontos monitorados;
- Determinar o Índice de Qualidade de Água para os pontos monitorados;
- Realizar testes de toxicidade aguda utilizando como organismo-teste o microcrustáceo *Daphnia magna* para amostras de água coletadas nos pontos R1, R2 e R3.
- Realizar testes de toxicidade crônica utilizando como organismo-teste o microcrustáceo *Daphnia magna* para amostras de água coletadas no ponto R3.

3 JUSTIFICATIVA

A qualidade da água vem sendo afetada há muitos anos devido ao acelerado crescimento da população, desenvolvimento industrial e à intensa produtividade agrícola. Esses fatores tornaram-se motivos de preocupação a respeito da qualidade da água para consumo humano, uma vez que o ecossistema aquático se encontra cada vez mais degradado. Essa degradação pode ser observada principalmente nos rios que se localizam nas áreas urbanas visto que, devido aos resultados dessas associações, a qualidade desses rios acaba sendo prejudicada (TRINDADE, 2016).

A exploração desse recurso natural de forma não-sustentável é o que ocasiona os principais problemas relacionados a sua qualidade e a sua escassez

(BUZELLI, SANTINO, 2016). Diante dos problemas relacionados a qualidade da água, pode-se citar os problemas de saneamento básico, uma vez que sua carência é responsável por ocasionar doenças como cólera, dengue, hepatites, esquistossomose, entre outras (VÍTOR, 2016; FUNASA, 2016).

A falta de saneamento básico, da preservação dos recursos hídricos e os indícios de escassez são alguns dos principais motivos que incentivam a busca de informações para avaliar a qualidade da água e torná-la potável para consumo humano.

Os estudos acerca da qualidade da água, o monitoramento e as análises são de extrema importância para o equilíbrio ecológico e para a qualidade de vida e saúde da população. Pode-se observar que os níveis de doenças relacionadas ao saneamento básico têm diminuído globalmente devido à utilização da água potável de qualidade, que tem aumentado em todas as regiões do mundo (WHO & UNICEF, 2015a; WHO, 2008).

De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005, a deterioração da qualidade das águas compromete de várias maneiras a saúde, o bem-estar humano e o equilíbrio ecológico, tornando-se necessária a utilização de instrumentos para o monitoramento e controle da qualidade das águas, uma vez que o controle da poluição das águas se relaciona com a proteção da saúde, do equilíbrio ecológico e da qualidade de vida da população (BRASIL, 2005).

Conforme a Política Nacional dos Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/1997), a água é um bem de domínio público e dotado de valor econômico. Dentre os objetivos dessa política, destaca-se a necessidade de preservar a disponibilidade de uma água de qualidade de acordo com seus respectivos usos, assegurando a qualidade de vida tanto da geração atual como das futuras gerações (BRASIL, 1997).

O município de Erechim (RS) conta com aproximadamente 102.906 habitantes, de acordo com o IBGE (2016) e não apresenta sistema de coleta e tratamento de esgoto sanitário. Apesar de ter o esgoto cloacal direcionado a fossas sépticas, existe ainda um número desconhecido de residências que têm ligado clandestinamente o seu esgoto diretamente à rede pluvial, ocasionando problemas de elevada carga orgânica nos corpos hídricos e, conseqüentemente, altas concentrações de nutrientes inorgânicos dissolvidos, DBO_{5,20}, DQO e

coliformes, reduzindo as concentrações de Oxigênio Dissolvido (ERECHIM, 2011; ELOVERDE, 2011; DECIAN 2016).

Os pontos de coleta selecionados para realização deste trabalho estão situados em uma região de zona rural, sendo então suscetíveis a contaminações provenientes da utilização de fertilizantes e agrotóxicos, além da área apresentar uma grande quantidade de criadouros de animais, que também podem contribuir para a contaminação dos recursos hídricos da área de estudo.

Os rios Ligeirinho e Leãozinho são os responsáveis pelo abastecimento do reservatório da Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN) e apresentam uma vazão aproximada de 250L/s e 40L/s, respectivamente. Atualmente, cerca de 90% da população de Erechim (RS) usufrui do abastecimento de água tratada. A Área de Proteção Ambiental (APA) dos rios está situada em uma região de importância econômica e, portanto, é importante que a sua preservação esteja garantida, para que o abastecimento de água no município não seja comprometido (DECIAN, 2016; TOSO, 2016).

Dessa forma, ressalta-se a importância de preservar os recursos hídricos do município de Erechim (RS), através de monitoramento e de análises da qualidade da água e testes toxicológicos, a fim de assegurar a saúde da população.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 RECURSOS HÍDRICOS E BACIAS HIDROGRÁFICAS

A Terra é coberta por aproximadamente 75% de água, equivalente a um volume de $1,36 \times 10^{18} \text{ m}^3$, que se distribui em 97% de água do mar, 2,2% presentes nas geleiras e por fim, a água doce que representa 0,8% da água disponível. Desta fração de 0,8%, tem-se 97% de água subterrânea e apenas 3% de águas superficiais e, devido aos problemas de escassez, esse cenário torna-se cada vez mais preocupante (SPERLING, 2005).

Os estudos acerca da escassez desse recurso natural têm ganhado destaque nos últimos anos, principalmente pelo fato da sociedade ter utilizado esse recurso de forma pouco restrita ao longo das gerações. Atualmente, pode-se verificar que a escassez da água não ocorre somente em áreas secas e áridas, mas tem-se notado a falta de água em regiões onde a pluviosidade é considerada abundante. A relação entre a escassez natural e antropogênica se deve principalmente ao fato de que a escassez natural pode ser agravada por influências antropogênicas, como é o caso do aumento da população nas cidades e do insatisfatório gerenciamento de água. A escassez também ocorre devido à poluição e contaminação ocasionada pela população, que acaba reduzindo a disponibilidade de uma água de qualidade (PEREIRA, CORDERY, IACOVIDES, 2009).

Embora a água potável disponível para consumo humano seja considerada um recurso natural renovável, ela deve ser explorada de maneira sustentável e dentro dos limites estabelecidos pelo ciclo hidrológico mundial, de modo que esta mesma água esteja disponível para as gerações seguintes (WMO, 1992).

No Brasil, a situação é confortável com o que diz respeito aos recursos hídricos. O país apresenta uma grande quantidade de água, distribuindo-se a maior parte na bacia Amazônica e o restante nas outras áreas do território brasileiro (ANA, 2013; ANA, 2015).

Para um melhor gerenciamento nos recursos hídricos que contemplam o país, entra em vigor a Lei nº 9.433/1997, que institui a Política Nacional dos

Recursos Hídricos (PNRH) e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, que tem como um dos fundamentos-base que a água é um recurso natural limitado, sendo um bem de domínio público e que possui um valor econômico. Outro dos fundamentos-base citados na Lei diz respeito à gestão dos recursos hídricos, que além de precisar ser descentralizada, deve também proporcionar o uso múltiplo das águas (BRASIL, 1997)

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) é um dos instrumentos que integra o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e surge para designar uma ordenação que possa abranger as bacias hidrográficas, bem como executar uma base de dados referenciadas por bacia, que propõe a integração das informações em recursos hídricos. O Art. 1º do CNRH ainda estabelece a Divisão Hidrográfica Nacional, levando em consideração as 12 regiões hidrográficas presentes no Brasil: Amazônica, Tocantins/Araguaia, Atlântico Nordeste Ocidental, Parnaíba, Atlântico Nordeste Oriental, São Francisco, Atlântico Leste, Atlântico Sudeste, Paraná, Uruguai, Atlântico Sul e Paraguai (BRASIL, 2003)

O município de Erechim localiza-se na região hidrográfica do Uruguai, que possui uma área equivalente a 2% do território nacional e se destaca pelo seu potencial hidrelétrico e também por suas atividades agroindustriais, (ANA, 2016). A Região Hidrográfica (RH) do Uruguai possui 74% de sua extensão no Estado do Rio Grande do Sul e 26% no Estado de Santa Catarina e tem origem na confluência dos rios Pelotas e Peixe, assumindo a direção Leste-Oeste e dando origem aos limites entre os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. A RH Uruguai é também conhecida por ter seu clima temperado, com altos índices pluviométricos e com maior probabilidade de chuvas na estação do inverno. Além disso, é uma região onde existem altas demandas tanto para irrigação quanto para abastecimento urbano e possui altos índices de aproveitamento hidrelétrico, porém com baixos índices de saneamento (ANA, 2015).

4.2 USO E CONSUMO DE ÁGUA

A distribuição de água no planeta, segundo a Unesco (2015), não é uniforme, visto que menos de 10 países possuem 60% do abastecimento de água doce disponível no mundo. O Brasil encontra-se dentre esses 10 países, que mesmo sendo referência por apresentar grandes quantidades de água potável, ainda enfrenta dificuldades devido a sua vasta extensão e distribuição irregular, portanto, possui maiores índices de água em alguns lugares concentrados, e em outros, escassez.

Os usos de água no mundo estão relacionados a três principais atividades: industriais, domésticas e agrícolas. Tratando-se de nível mundial, o uso de água voltado à agricultura representa 70% do uso de água total, seguido do uso industrial, com 22% e, por último, o uso doméstico, com 8%. É importante ressaltar que em países de alta renda, o uso de água para fins industriais se sobressai com relação às outras duas opções, enquanto que em países emergentes e/ou de baixa renda, o uso agrícola é o que se destaca (UN, 2006; UNESCO, 2003).

No Brasil, assim como na maior parte do mundo, a maior taxa de consumo de água é decorrente da agricultura, que se estima uma utilização de aproximadamente 46% dos recursos hídricos retirados, seguido do consumo humano e do uso industrial com, respectivamente, 27% e 18% do total dos recursos hídricos (ANA, 2007).

A água para abastecimento público deve estar limpa, tratada e livre de qualquer tipo de contaminação, de forma que não ofereça riscos à saúde humana. Para assegurar a potabilidade da água de abastecimento, é necessário que os tratamentos físico-químicos e biológicos pelos quais a água é submetida ocorram de maneira eficaz, caso contrário pode ocasionar problemas à saúde da população, comprometendo-a (PÁDUA, 2010; BRASIL, 2011).

No Brasil, aproximadamente 99,4% dos municípios apresentavam serviços de abastecimento de água potável em pelo menos um distrito. Do total de municípios existentes no país, no ano de 2008, apenas 33 municípios não possuíam rede geral. Em contraste com os serviços de abastecimento de água, a situação do esgotamento sanitário no Brasil ainda não apresenta uma condição

satisfatória. No ano de 2000, apenas 52,2% dos municípios brasileiros apresentavam serviço de coleta e, no ano de 2008, esse percentual aumentou apenas 2,9%, ou seja, apenas 55,1% dos municípios brasileiros tinham serviço de coleta no ano de 2008. Com relação aos serviços de manejo de resíduos sólidos, pode-se dizer que apenas 6,4% dos municípios brasileiros não realizam coleta domiciliar. E, por fim, quanto ao sistema de manejo de águas pluviais, pode-se observar que este ainda é um setor principiante no Brasil, pois apenas 11,9% do total de municípios brasileiros possuem algum dispositivo de contenção de águas pluviais. (IBGE, 2011)

Boa parte dos problemas relacionados à falta de saneamento básico que afetam a saúde da população estão relacionados com o meio ambiente. A diarreia, por exemplo, é responsável pela morte de 30% de crianças com menos de 1 ano de idade. Com mais de quatro bilhões de casos de diarreia por ano, as principais causas da doença estão relacionadas às condições inadequadas de saneamento. O quadro epidemiológico vem se agravando ainda mais, no Brasil, devido ao sistema inadequado de saneamento básico, especialmente em áreas mais pobres. Além dos casos de diarreia, como principais doenças relacionadas à precariedade do sistema de saneamento básico, podem-se citar a tuberculose, verminoses e doenças tropicais. (GUIMARÃES, CARVALHO E SILVA, 2007)

No Brasil, as doenças causadas pela falta de saneamento, como é o caso de doenças como Febre Tifóide, Amebíase e Doença de Chagas, tiveram seus picos de contaminação nos anos entre 1920 e 1960, mas foram combatidas, em sua grande maioria, de maneira eficaz, devido a melhorias nos sistemas de abastecimento de água e de tratamento de esgotos sanitários, auxiliando também na melhora das condições de saneamento (HUNTER, 1997).

Segundo dados do Ministério da Saúde, doenças causadas por via de transmissão feco-oral reduziram de 681,1 internações hospitalares em 1993 para 264,3 internações hospitalares em 2010, o que significa uma melhora no cenário de saneamento básico do país, que ocorre principalmente devido ao aumento na eficiência dos sistemas de tratamento de água e esgoto. No ano de 1990, apenas 67% da população usufruía de saneamento básico, enquanto que no ano de 2015 esse número aumentou para 83% (DRSAI, 2016; WHO & UNICEF, 2015b).

Apesar dos níveis de saneamento no país terem aumentado, ainda se carece de saneamento básico para atingir uma qualidade da água aceitável.

4.3 LEGISLAÇÃO

A qualidade dos recursos hídricos tem sido afetada por uma série de fatores que acarretaram na degradação ambiental e na redução na disponibilidade de uma água de qualidade, originando problemas relacionados ao seu aproveitamento. Esses problemas podem ter sido originados devido às atividades antrópicas, que agravaram ainda mais esse quadro de poluição e degradação dos recursos hídricos (PEREIRA, 2004).

Assim, com o objetivo de minimizar os impactos ambientais causados pelos seres humanos, principalmente relacionados a preservação dos recursos hídricos é promulgado, no ano de 1981 a Lei nº 6.938, que instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente. Esta Lei é considerada um marco regulatório em termos de Leis Ambientais no país e possui como um dos seus principais objetivos a preservação dos recursos naturais, tendo em vista a sua utilização racional, procurando sempre manter o equilíbrio ecológico. Além disso, em 1997 é criada a Lei 9.433, que instituiu a Política Nacional dos Recursos Hídricos, com o objetivo de assegurar a disponibilidade de água para a geração atual e às futuras, bem como a utilização racional dos recursos hídricos, visando o desenvolvimento sustentável (BRASIL, 1981; BRASIL, 1997).

A Resolução CONAMA nº 357 de 2005 estabelece as diretrizes para enquadramento dos corpos d'água e determina as classificações dos corpos d'água. O principal objetivo dessa lei é o estabelecimento de padrões de qualidade de água para a preservação da qualidade dos corpos hídricos, uma vez que a água potável é essencial para abastecimento público, uso doméstico, agrícola e industrial (SPERLING, 2007; BRASIL, 2005).

A Resolução CONAMA nº 357/2005 ainda faz a delimitação das águas do território nacional, dividindo-as em águas doces, salobras e salinas, sendo que cada uma possui classes relacionadas com seus usos previstos pela lei e que é exigido que todos os parâmetros estejam de acordo com a legislação para serem enquadradas em determinada classe (SPERLING, 2007; BRASIL, 2005).

As classes de água doce variam de 1 a 4, sendo a primeira classe chamada de Classe Especial, em que se enquadram as águas mais nobres, e a Classe 4 indica as águas menos nobres. Dessa forma, a qualidade da água dependerá dos padrões estabelecidos pela lei, podendo ser enquadrada adequadamente em uma das classes (SPERLING, 2007; BRASIL, 2005).

Além disso, deve-se destacar a relevância da Portaria nº 2.914/2011, uma vez que ela considera o padrão de potabilidade da água para consumo humano para garantir que não haja contaminação das águas e, conseqüentemente, contaminação da população proveniente de más condições de saneamento. Além disso, a Portaria nº 2.914/2011 destaca que a água potável precisa estar em conformidade com padrões microbiológicos, físicos e químicos para que possa ser distribuída a população sem que cause danos à saúde pública (BRASIL, 2011).

Além das legislações federais, deve-se tomar conhecimento das legislações de âmbito estadual, uma vez que eventualmente são mais restritivas que a legislação nacional e também podem conter informações a respeito de determinados constituintes que não constam na legislação federal (SPERLING, 2007).

4.4 FATORES QUE INTERFEREM NA QUALIDADE DA ÁGUA

A qualidade da água para consumo humano deve estar de acordo com a legislação para garantir a segurança da água potável, bem como a saúde da população. Apesar disso, sabe-se que as águas superficiais são suscetíveis a uma série de fatores que podem afetar sua qualidade e que podem ser provenientes de processos naturais ou antropogênicos (WHO, 2011; VIGIL, 2003).

4.4.1 Fatores naturais

Os fatores naturais que podem afetar a qualidade da água estão relacionados à geologia, vegetação, morfologia, localização e ao clima. Vigil (2003) explica que, enquanto que a geologia de um local determina a

composição mineral presente na água, o clima desse local vai ser responsável por influenciar as características físicas, químicas e biológicas da água devido à temperatura, precipitação e ao regime de ventos da região. A presença ou a ausência da vegetação, assim como a forma e as dimensões dos corpos d'água também se destacam como fatores importantes a influenciar sua qualidade. Por fim, a localização dos corpos d'água exerce influência sobre todos os outros fatores citados e, conseqüentemente, também poderá influenciar a qualidade da água.

As influências de origem natural, as geológicas, hidrológicas e climáticas, são de extrema importância, uma vez que afetam não só a qualidade como também a quantidade da água disponível. É importante destacar que essas influências se elevam quando as quantidades de água são mínimas e, conseqüentemente, a utilização desse recurso torna-se máxima. O fato da água não se apresentar em boa qualidade e nem em quantidades suficientes implica na possível limitação do uso dessa água (WHO, 1996).

4.4.2 Fatores antrópicos

As atividades antrópicas são conhecidas como ameaças à qualidade da água. As principais atividades que afetam negativamente a qualidade da água e que são provenientes dessas atividades humanas estão relacionadas principalmente com a disposição de resíduos nos lagos e o uso dos rios para transportes de resíduos. Sabe-se que os corpos hídricos possuem capacidade de assimilar os efluentes e resíduos que neles são dispostos, ou seja, os corpos hídricos possuem a capacidade de suportar determinados níveis de poluição sem que sofram quaisquer efeitos adversos significativos. Geralmente essa capacidade de assimilação ocorre de acordo com a habilidade do corpo d'água assimilar a $DBO_{5,20}$ requerida pelo efluente (SARMENTO et al., 1997).

Apesar de sua eficácia na capacidade de assimilação, os corpos hídricos e o ecossistema aquático não são capazes de assimilar elevados níveis de poluição, podendo ocasionar a mortandade do ecossistema que auxilia na assimilação e dando origem à anaerobiose daquele corpo receptor (CORCORAN, et al., 2010)

As atividades antrópicas não só prejudicam o ecossistema como também restringem o uso da água. A falta de saneamento e de instalações para resíduos de disposição final são exemplos de problemas enfrentados principalmente por países emergentes, enquanto que elevados teores de nutrientes, que causam a eutrofização, são problemas enfrentados pelos países desenvolvidos. Além disso, atividades agrícolas como o uso de agrotóxicos e atividades industriais de lançamento inadequado de efluentes podem comprometer seriamente a qualidade dos corpos d'água. A qualidade da água pode ser comprometida por apenas uma ou várias influências que vão desencadear uma série de problemas que, se não resolvidos, podem se tornar problemas irreversíveis (WHO, 1996).

4.5 QUALIDADE DA ÁGUA E ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA)

A qualidade da água pode ser descrita de acordo com a concentração ou o estado em que se encontram as substâncias presentes nela (WHO, 1996). Além disso, a água apresenta também características físicas, químicas e biológicas, que não devem exceder os limites de concentração descritos por lei e tampouco devem estar abaixo desses limites (SPERLING, 2005).

Criado em 1970, o IQA surge como uma alternativa para avaliar a qualidade da água bruta tendo em vista a sua utilização para abastecimento público após tratamento, com parâmetros selecionados rigorosamente e com pesos atribuídos a cada parâmetro (ANA, 2016; ABBASI, 2012). Em 1975 a CETESB aderiu ao IQA e, após alguns anos, outros estados também iniciaram a utilização do IQA, sendo hoje o principal índice de qualidade da água utilizado no Brasil (ANA, 2016).

O IQA é uma ferramenta de auxílio utilizada para entender a qualidade da água de um determinado local e disponibilizar as informações a respeito da qualidade dessa água, além de poder ser utilizado para verificar o cumprimento da legislação e definir as prioridades de uso dessa água. Ademais, o IQA apresenta inúmeras vantagens por sua capacidade de resumir um grande número de informações de muitas variáveis a apenas um número adimensional, permitindo então a comparação com a legislação e, conseqüentemente, o enquadramento daquele corpo d'água em sua devida classe de qualidade. Em

contrapartida, o IQA apresenta desvantagens quando se trata da informação das variáveis individuais e da interação entre elas, que acabam sendo perdidas (PEREIRA, 2014; LEITE & FONSECA, 1994). As limitações do IQA já foram apresentadas pela Ana (2016), que cita que esse índice não avalia importantes parâmetros para abastecimento público. Conforme citam Li, Zou, An (2016), os métodos da avaliação da qualidade da água considerados bons vão informar, além dos resultados a respeito da classificação da qualidade da água, os resultados das variações espaciais e temporais das condições da qualidade da água.

Dessa forma, o Índice de Qualidade da Água é constituído por nove parâmetros, que são: Oxigênio Dissolvido, Coliformes Termotolerantes, Potencial Hidrogeniônico (pH), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_{5,20}), Temperatura da água, Nitrogênio Total, Fósforo Total, Turbidez e Resíduo Total. Cada um desses parâmetros possui um peso (w) atribuído que depende da importância do parâmetro para a conformação global. Os valores do IQA são distribuídos em faixas, de acordo com as particularidades de cada estado brasileiro, que variam de ótima até péssima (ANA, 2016).

4.6 PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA

Os nove parâmetros que representam a qualidade da água potável possuem características de origem física, química ou biológica. Essas características estão relacionadas a todos os processos que ocorrem nos corpos d'água. Dessa forma, todos os parâmetros que compõem o IQA devem estar de acordo com as concentrações máximas permitidas para que a água possa ser enquadrada na classe mais adequada (SPERLING, 2005; FUNASA, 2014).

4.6.1 Oxigênio Dissolvido (OD)

O Oxigênio Dissolvido é uma característica natural da água e é um parâmetro de fundamental importância para a sobrevivência de organismos aeróbios, que utilizam o Oxigênio em seus processos respiratórios (SPERLING, 2007; EPA, 2001). As taxas de Oxigênio presentes na água variam de acordo

com alguns processos, tais como a temperatura, turbulência, fotossíntese de algas e plantas, entre outros. A principal importância de verificar as concentrações de Oxigênio Dissolvido é devido a sua influência em todos os processos biológicos e químicos que ocorrem nos corpos d'água (HELLER & PÁDUA, 2010).

As baixas concentrações de oxigênio são, normalmente, devido a altas concentrações de matéria orgânica, uma vez que, para decompor essa matéria, o Oxigênio é consumido e, conseqüentemente, sua concentração diminui, podendo comprometer a vida aquática e, se totalmente consumido, permanecerá somente a condição de vida anaeróbia, que pode também ocasionar maus odores. (SPERLING, 2007).

Para as águas doces de Classe 1, recomenda-se que o OD seja superior a 6mg/L de O₂ (BRASIL, 2005).

4.6.2 Coliformes Termotolerantes

Os Coliformes Termotolerantes apresentam-se como sendo um grupo de microrganismos indicadores de contaminação fecal e predominantes nos intestinos de animais e humanos, sendo *Escherichia* o gênero mais conhecido, seguido de outros como *Klebsiella*, *Enterobacter* e *Citrobacter* (SPERLING, 2007; WHO, 1993; ASHBOLT, GRABOW, SNOZZI, 2001).

Fazem parte do grupo de bactérias Coliformes Termotolerantes aquelas que possuem capacidade de resistir a altas temperaturas, podendo crescer a aproximadamente 44°C, sendo a *Escherichia coli* a principal bactéria desse grupo, possuindo uma grande importância como parâmetro, uma vez que a presença dela na água indica contaminação de origem fecal (SPERLING, 2007).

De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005), para corpos d'água Classe 1, é tolerado um limite máximo de 200 coliformes termotolerantes por 100 mL em 80% de pelo menos 6 amostras coletadas durante um ano, com frequência bimestral.

4.6.3 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O potencial hidrogeniônico (pH) expressa a concentração de íons Hidrogênio (H^+) presentes na água e indica a acidez ou a alcalinidade dessa água (SPERLING, 2007). Apesar da água apresentar um pH próximo da neutralidade, existem alguns parâmetros capazes de alterar o pH neutro da água, como é o caso da presença de ácidos húmicos. (HELLER & PÁDUA, 2010).

A alteração no pH exerce grande influência sobre os ecossistemas aquáticos e pode afetar a fisiologia dessas espécies. Uma faixa de pH muito distante da neutralidade pode afetar de maneira acentuada a vida aquática, levando-a a mortandade (EPA, 2001).

O pH deve estar entre os valores de 6,0 a 9,0 para que a água doce seja considerada adequada ao consumo humano (BRASIL, 2005).

4.6.4 Demanda Bioquímica de Oxigênio ($DBO_{5,20}$)

A Demanda Bioquímica de Oxigênio pode ser definida como sendo a quantidade de Oxigênio molecular utilizado para degradar a matéria orgânica, após um determinado período de incubação (APHA, 1998). A $DBO_{5,20}$ representa a quantidade de Oxigênio consumida em um período de 5 dias a uma temperatura de incubação de 20°C. Esse parâmetro é importante no monitoramento da poluição da água, uma vez que, quanto maior o valor de $DBO_{5,20}$, maior será a quantidade de microrganismos presentes na água competindo pelo Oxigênio com os outros seres aquáticos e, conseqüentemente, reduzindo a concentração de Oxigênio presente na água e encaminhando o sistema a uma anaerobiose (FARIAS, 2006).

A $DBO_{5,20}$ deve ser registrada em concentrações até 3mg/L de O_2 para um corpo hídrico de Classe 1 (BRASIL, 2005).

4.6.5 Temperatura da água

A temperatura possui um importante papel no meio aquático, uma vez que pode modificar as características físico-químicas da água. Conforme varia a

temperatura, ocorre também uma série de variações em outros parâmetros, como por exemplo a viscosidade, calor específico, condutividade térmica, etc. Essas variações na temperatura ocorrem principalmente devido ao regime climático normal e, também, pelo fato de os corpos d'água naturais apresentarem variações sazonais na temperatura (CETESB, 2009).

Os organismos aquáticos possuem alguns níveis aceitáveis máximos e mínimos de temperatura e pontos ótimos de temperatura para seu crescimento adequado. Dessa forma, no momento em que há temperaturas elevadas ou temperaturas muito baixas, podem ocorrer efeitos prejudiciais para a vida aquática e, portanto, pode-se dizer que as variações na temperatura da água estão sujeitas a limites (CETESB, 2009; EPA, 2001).

A faixa de temperatura deve ser avaliada em conjunto com outros parâmetros, como por exemplo o Oxigênio Dissolvido, uma vez que possíveis variações da temperatura resultam também nas variações dos outros parâmetros (SPERLING, 2005).

4.6.6 Nitrogênio total

O estudo do Nitrogênio é de grande importância para o monitoramento e controle da poluição das águas, uma vez que a determinação da forma predominante deste composto é capaz de fornecer informações a respeito do estágio de poluição em que o corpo d'água se encontra. As formas em que o Nitrogênio pode ser encontrado nos corpos d'água são na forma orgânica, amoniacal e nas formas de nitrito e nitrato (SPERLING, 2007).

A presença de Nitrogênio em excesso no corpo hídrico junto com a presença de Fósforo e outros nutrientes pode vir a saturá-lo, fazendo com que haja uma maior proliferação de algas e, conseqüentemente, ocorrendo o fenômeno da eutrofização, que vai originar na mortandade dos peixes e outros seres aquáticos que necessitam da presença de Oxigênio (ANA, 2005).

De acordo com a Resolução CONAMA nº357/2005 (BRASIL, 2005), o Nitrogênio deve apresentar quantidades máximas para sua forma de Nitrato de até 10,0mg/L N, já para a forma de Nitrito deve apresentar um máximo de

1,0mg/L N, enquanto que para sua forma Amoniacal, os valores máximos dependerão dos valores de pH do corpo d'água.

4.6.7 Fósforo Total

Assim como o Nitrogênio, o Fósforo também é fundamental para a vida aquática. Com relação aos outros macronutrientes, o fósforo não se apresenta em abundância na crosta terrestre, porém as atividades humanas auxiliam na inserção de fósforo nos corpos hídricos. Apresenta-se na água na forma de polifosfato, ortofosfato e na forma de fosfato orgânico. (SPERLING, 2007).

A destinação de esgotos domésticos nos corpos d'água é uma das principais causas de acúmulo de fósforo, assim como alguns efluentes industriais que apresentam grandes quantidades de fósforo, como o caso das indústrias de fertilizantes. Assim, manifestando-se em excesso, como o nitrogênio, este macronutriente pode desencadear o processo de eutrofização (ANA, 2005).

O Fósforo Total deve apresentar valores máximos de 0,020mg/L P para ambientes lênticos e um máximo de 0,1mg/L P para ambientes lóticos (BRASIL, 2005).

4.6.8 Turbidez

A turbidez da água surge principalmente a partir da presença de sólidos e partículas em suspensão e indica o nível de atenuação que um feixe de luz está submetido ao atravessar a água, ou seja, indica a transparência da água (BERNARDO & DANTAS, 2005; CETESB, 2009; HELLER & PÁDUA, 2010).

Elevados valores de turbidez indicam pouca transparência da água, dificultando os processos de fotossíntese, podendo extinguir a produtividade dos peixes, prejudicando a qualidade da vida aquática. Além disso, a existência da turbidez na água afetará a aprovação da água por parte dos consumidores (CETESB, 2009; EPA, 2001).

Elevados valores de turbidez podem dificultar os processos de tratamento de água, uma vez que os microrganismos presentes no corpo hídrico podem ser protegidos pela turbidez de origem orgânica, dificultando assim os processos de desinfecção e estimulando o crescimento microbiano nos sistemas de

distribuição de água. Além disso, de acordo com estudos realizados na Filadélfia, existe uma relação entre elevados níveis de turbidez na água tratada e casos de admissões em hospitais por doenças gastrointestinais (PÁDUA, 2004; PAYMENT & HUNTER, 2001)

De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005), a turbidez deve apresentar no máximo 40 unidades nefelométrica de turbidez (UNT) para rios de Classe 1.

4.6.9 Sólidos totais

Os Sólidos totais, também conhecidos por resíduo total, são definidos como sendo a matéria que permanece como resíduo após evaporação e secagem da amostra de água na estufa, com temperatura e tempo estabelecidos (ANA, 2016; ALCÂNTARA, 2010).

Os sólidos são classificados de acordo com suas características físicas, como por exemplo, seu tamanho, e suas características químicas. Com relação ao seu tamanho, os sólidos podem ser classificados como filtráveis, coloidais e não filtráveis (SPERLING, 2005).

A carga de sólidos aumenta com a presença de grande parte dos contaminantes (SPERLING, 2005). Uma vez presentes no corpo hídrico, os sólidos tornam-se um problema à vida aquática principalmente pelo fato de que podem reter resíduos orgânicos presentes no fundo dos rios, estimulando a decomposição anaeróbia. Além disso, nos sistemas de distribuição de água, os sólidos podem ser a causa de processos corrosivos de tubulações e possuem características de sabor que podem ser detectadas pelo paladar humano (ANA, 2005).

Os resíduos sólidos objetáveis e os materiais flutuantes, incluindo espumas não naturais, devem se encontrar virtualmente ausentes no corpo hídrico (BRASIL, 2005).

4.7 TOXICOLOGIA AMBIENTAL

A toxicologia pode ser definida como a ciência que avalia os efeitos

prejudiciais provenientes da interação dos compostos químicos com os organismos, dentro de um determinado nível de exposição. Essa ciência pode ser dividida em Toxicologia Analítica, Toxicologia Clínica e Toxicologia Experimental, sendo que a última engloba o ramo da Toxicologia Ambiental, que avalia os efeitos nocivos de algumas substâncias ao meio ambiente. (OGA, CAMARGO, BATISTUZZO, 2008).

A toxicologia ambiental estuda os efeitos nocivos provenientes de substâncias químicas sobre o meio ambiente, que compreende a população e o ecossistema. Além disso, estuda e avalia as possíveis alternativas para redução, prevenção e contenção desses danos (OGA, CAMARGO, BATISTUZZO, 2008).

De acordo com Knie & Lopes (2004), a análise química não tem a capacidade de verificar e analisar os inúmeros compostos químicos que podem atingir os corpos d'água, sendo necessário então um auxílio, que surge nos métodos biológicos de medição, para estabelecer o controle da qualidade das águas, principalmente quando se trata de testes toxicológicos. Assim, é possível identificar se as substâncias químicas presentes na água apresentam periculosidade e como podem se manifestar esses efeitos nocivos.

A realização dos testes de toxicidade é importante para complementar os testes físico-químicos, podendo identificar problemas de lançamento de substâncias tóxicas inadequadas nos corpos hídricos e, dessa forma, identificar as prioridades de controle nas áreas mais críticas e monitorar a vida aquática (CESAR, SILVA, SANTOS, 1997). Os estudos acerca da toxicologia ambiental vêm sendo cada vez mais utilizados, pois possibilita a redução do impacto ambiental causado por substâncias tóxicas presentes na água, além de garantir a manutenção do ecossistema aquático e auxiliar na busca de medidas mitigadoras para esses impactos (MALUF, 2008).

4.8 DETERMINAÇÃO DO ORGANISMO TESTE

Para selecionar o organismo-teste, alguns fatores que influenciam nessa seleção devem ser considerados, tais como sua facilidade de reprodução e de cultivo, sua velocidade de crescimento e desenvolvimento, além da sua disponibilidade no mercado e conhecimento científico da espécie. Tendo em

vista o exposto, a espécie mais adequada para os testes é o microcrustáceo *Daphnia magna*, que já possui metodologias para cultivo e teste e é utilizado internacionalmente (MALUF, 2008).

O microcrustáceo *Daphnia magna* STRAUS, 1820 (Cladocera, Crustacea) possui um tamanho médio de aproximadamente 5mm e, na cadeia alimentar, atua como consumidor primário. O microcrustáceo planctônico de água doce realiza sua reprodução assexuada por partenogênese quando presente em condições favoráveis, dando origem apenas a fêmeas (KNIE & LOPES, 2004). Tais condições favoráveis são atingidas devido ao controle da temperatura de aproximadamente 20°C, dureza da água acima de 150 mg/L de CaCO₃ e pH ótimo entre 7,2 e 8,5 (OSCAR, 2015; CLARE, 2007).

A *Daphnia magna* é selecionada como organismo-teste por apresentar algumas características ímpares, como por exemplo seu simples manuseio, a conformidade de respostas nos ensaios por apresentar descendentes geneticamente idênticos, a facilidade de cultivá-las em laboratório sob condições controladas, a sua sensível reação aos agentes potencialmente nocivos, seus curtos ciclos de vida e de reprodução, entre outros, além desse microcrustáceo ser reconhecido como organismo-teste internacionalmente e ser utilizado há muitos anos em laboratórios (KNIE & LOPES, 2004). A Figura 1 apresenta o microcrustáceo *Daphnia magna*.

Figura 1 – Microcrustáceo *Daphnia magna*.



Fonte: OSCAR (2015).

4.9 TESTES TOXICOLÓGICOS

Os testes toxicológicos são realizados com a finalidade de avaliar e quantificar os efeitos tóxicos provenientes de determinadas substâncias e de águas contaminadas, sendo que os dados de toxicidade são úteis para a comparação entre os diferentes compostos químicos e também para comparar a sensibilidade de diversos organismos aquáticos com relação a uma mesma substância (RAND, 1995; COSTA et al., 2008).

A toxicidade de uma substância depende tanto da concentração como das propriedades dessa substância que vai ser exposta ao organismo, levando também em consideração o tempo de exposição. Os testes de toxicidade podem ser realizados *in situ*, ou seja, no local de coleta, ou *ex situ*, que se refere aos testes em laboratório, e podem ser agudos ou crônicos (RAND, 1995; ROSSETTO, 2012).

Os testes de toxicidade aguda representam os efeitos adversos em um curto período de tempo com relação ao ciclo de vida do organismo-teste. Além disso, o teste consiste na aplicação e exposição do organismo-teste a uma única concentração da substância-teste em diversas diluições, sendo que a duração do teste agudo varia de 24 a 96 horas para os organismos aquáticos. (ROSSETTO, 2012, MATIAS, 2009).

Por sua vez, o teste crônico consiste na caracterização do perfil toxicológico da espécie submetida a concentrações de substâncias com exposição repetida e prolongada, ocupando cerca de 2/3 do ciclo de vida do organismo. A execução dos testes crônicos tem como objetivo apresentar um efeito mais sensível sobre os organismos, a longo prazo (MALUF, 2008).

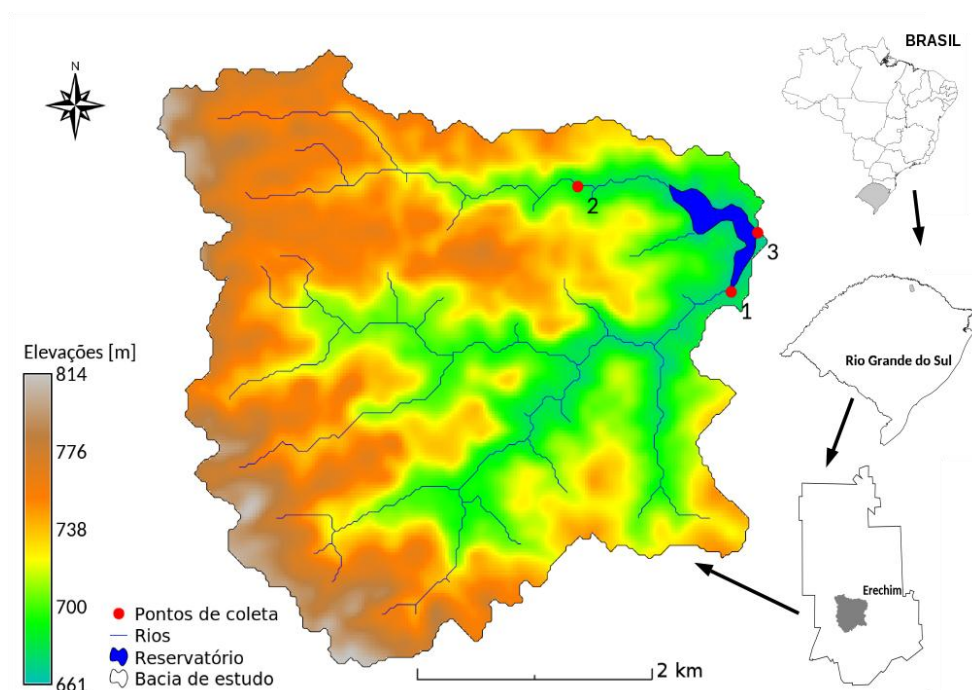
5 METODOLOGIA

5.1 ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo foi realizado no município de Erechim (RS), localizado na região Norte do estado do Rio Grande do Sul e conta com uma área de aproximadamente 430,668km², com uma população estimada de 102.906 habitantes para o ano de 2016 (IBGE, 2016).

A Bacia Hidrográfica dos rios Ligeirinho e Leãozinho constitui a Área de Proteção Ambiental (APA) dos rios Ligeirinho e Leãozinho, sendo gerenciada pela Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN) de Erechim (RS), incluindo também a área de seu reservatório. Localiza-se na cidade de Erechim (RS), que faz parte do Alto Uruguai Gaúcho, na área planáltica e faz parte da Bacia Hidrográfica Apuaê-Inhandava, possuindo como nível de base o Rio Uruguai, pertencendo, portanto, à Região Hidrográfica do Rio Uruguai. (ERECHIM, 2011; DECIAN, 2012). O mapa de localização do município e da APA estão representados na Figura 2:

Figura 2 - Mapa de Localização do Município de Erechim (RS) e APA, com os pontos de coleta.



Fonte: Adaptado de TOSO (2016).

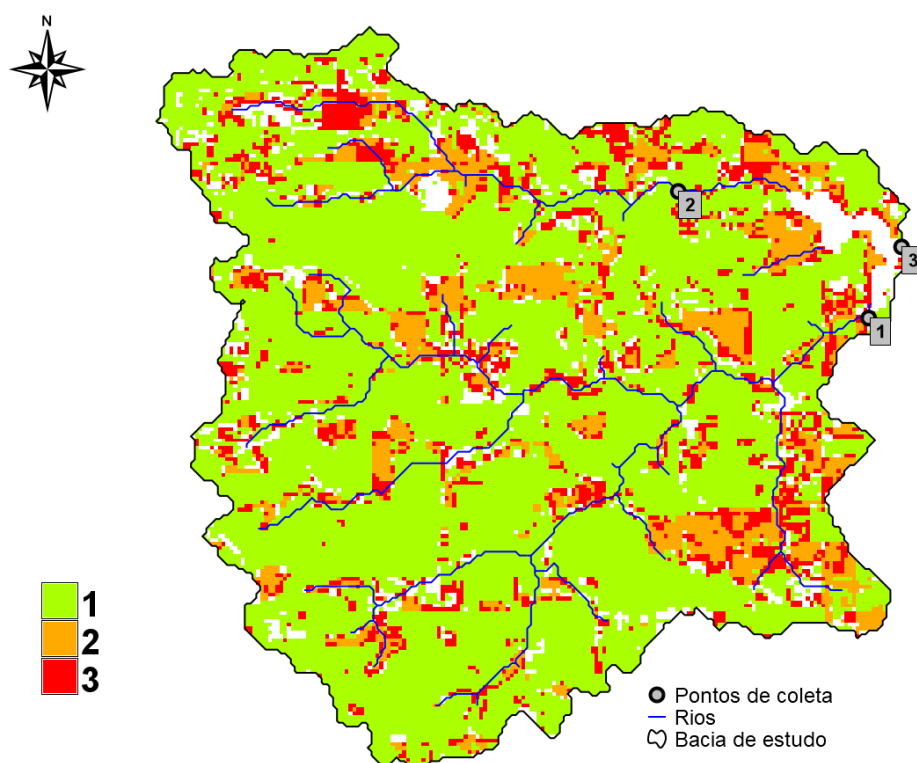
Além disso, a esta Unidade de Conservação é dada a responsabilidade de suprir toda a água para a área urbana de Erechim (RS), por meio da concessão ao tratamento via CORSAN. De acordo com os dados do IBGE (2010), são abastecidas 34.316 unidades pela Bacia Hidrográfica Apuaê-Inhandava, sendo que o volume da água tratada distribuída é de 21.100m³ por dia (DECIAN, 2012).

A barragem da CORSAN constitui-se por duas ramificações principais que se encontram no reservatório, que são a ramificação do Rio Ligeirinho, com uma vazão de aproximadamente 250L/s, e a do Rio Leãozinho, apresentando uma vazão de aproximadamente 40L/s. Além disso, nos períodos de estiagem prolongada em que a quantidade de água desses rios não é suficiente para suprir a demanda da população, a CORSAN passa a realizar a captação de água da área de drenagem do rio Campo, que apresenta uma vazão de aproximadamente 27,78L/s (TOSO, 2016). Os recursos hídricos localizados na APA são enquadrados como Classe 1 da Resolução CONAMA nº 357/2005 (ERECHIM, 2011; BRASIL, 2005).

Além de representar um papel fundamental com o que diz respeito ao abastecimento de água no município de Erechim (RS), a APA dos rios Ligeirinho e Leãozinho situa-se em uma região de importância econômica, tornando-se imprescindível a sua preservação para que o abastecimento de água não seja prejudicado (TOSO, 2016).

Com relação ao uso e ocupação do solo, de acordo com Toso (2016), pode-se classificar os usos da terra como sendo de forma natural (vegetação nos estados inicial, intermediário e avançado) ou proveniente de atividades antrópicas (solo exposto, agricultura implantada, silvicultura com produção de erva mate, etc). A Figura 3 apresenta o mapa de uso e ocupação do solo na APA.

Figura 3- Uso e Ocupação da Terra da APA dos Rios Ligeirinho e Leãozinho. (1) Solo exposto, cultivo. (2) Vegetação intermediária. (3) Vegetação densa, floresta.



Fonte: SANTIN, SILVA, GRZYBOWSKI (2016).

Na Figura 3, as áreas classificadas pelo número 1, em verde, caracterizam a classe de solo exposto, cultivo. Por sua vez, as classificadas pelo número 2, de coloração alaranjada, representam a vegetação intermediária e, por fim, as áreas representadas em vermelho, pelo número 3, são as áreas de vegetação densa e florestas. Pode-se perceber que a maior parte da bacia é caracterizada principalmente por uso de cultivo. Além disso, é possível observar que a vegetação se encontra distribuída de maneira irregular em toda a extensão da bacia, apresentando-se fortemente fragmentada e nem sempre ligada aos recursos hídricos. Isso se torna um problema pois a vegetação próxima de nascentes e de margens de rios é responsável pela proteção dos recursos hídricos (TOSO, 2016; ERECHIM, 2011).

No presente estudo, foram realizadas análises laboratoriais nos meses de dezembro (2016), janeiro e fevereiro (2017), totalizando um período amostral de

3 meses de estudo. As coletas das amostras de água foram realizadas em intervalos de aproximadamente 30 dias e foram registradas as coordenadas geográficas de cada ponto.

Foram registradas as ocorrências de chuva no dia da coleta e no dia anterior ao da coleta. Sendo assim, ficou registrado no mês de dezembro 0mm nos dias 01/12/2016 e 02/12/2016. No mês de janeiro registrou-se 0mm no dia 01/01/2017 e 2mm no dia 02/01/2017 e, por fim, no mês de fevereiro, foi registrado 3mm no dia 01/02/2017 e 4mm no dia 02/02/2017. Pode-se observar que o mês com maior ocorrência de chuvas próxima à data da coleta foi o mês de fevereiro, seguido do mês de janeiro, enquanto que o mês de dezembro não apresentou pluviosidade próxima à data da coleta.

Os pontos de coleta localizam-se em uma área predominantemente agrícola, próximos a atividades de pastagem, silvicultura e criadouros de gado e porco. O Quadro 1 apresenta ilustrações, com fotografias, dos pontos de coleta, bem como uma breve descrição do entorno da área.

Quadro 1 – Descrição e coordenadas dos pontos de coleta.

	<p>O ponto R1 localiza-se no Rio Ligeirinho (ambiente lótico), na entrada do Reservatório (27°40'52,7"S; 52°14'28,1"O; Altitude 673m). Neste ponto, é possível verificar grandes áreas de solo exposto utilizadas para cultivo e algumas propriedades com criação de animais, açudes e também vegetação em estado regenerativo.</p>
---	---

	<p>O ponto R2 está localizado no Rio Leãozinho (ambiente lótico). A coleta neste ponto foi realizada no ponto mais próximo possível do reservatório (27°40'19.8"S; 52°15'17.7"O; Altitude 688m). Nesta área, alguns trechos do percurso do rio ocorrem dentro de propriedades com criadouros de gado e porco. É importante ressaltar que há um número grande de propriedades pelas quais o rio passa, além do solo utilizado para as atividades agrícolas.</p>
	<p>O ponto R3 está localizado no ponto mais próximo da captação de água, no Reservatório da CORSAN (ambiente lântico), recebe as águas dos rios Ligeirinho e Leãozinho, juntamente de suas características e propriedades (27°40'34.2"S; 52°14'19.6"O; Altitude 668m). A área do reservatório é de aproximadamente 210.140m².</p>

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

5.2 COLETA E PRESERVAÇÃO DAS AMOSTRAS

As análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água realizadas neste estudo foram baseadas com o auxílio de equipamentos específicos devidamente calibrados e de acordo com o manual de análise da

água da FUNASA (2009). Além disso, as amostras coletadas foram transportadas para o Laboratório de Efluentes e Resíduos da Universidade Federal da Fronteira Sul, onde foram armazenadas para posterior realização das análises.

5.3 ANÁLISES FÍSICO QUÍMICAS E BIOLÓGICAS

Para monitorar a qualidade da água, foi necessário realizar as análises das variáveis físicas, químicas e microbiológicas presentes nela. Dessa forma, estão caracterizados na Tabela 1 os parâmetros analisados, suas respectivas unidades e metodologias de análises:

Tabela 1 - Parâmetros medidos, com suas respectivas unidades e metodologia de análise.

Parâmetros	Unidades	Método de Análise
Oxigênio Dissolvido	mg/L	Medidor multiparâmetro Profissional Plus – YSI
Coliformes Fecais	NPM/100mL	Método dos tubos múltiplos (FUNASA, 2009)
pH	-	Medidor multiparâmetro Profissional Plus – YSI
DBO _{5,20}	mg/L	Método de Winkler – Standard Methods 4500 – O C & 5210 B (APHA, 1998)
Fósforo Total	mg/L	Espectrofotometria – Standard Methods 4500 – P H. (APHA, 1998)
Temperatura	°C	Medidor multiparâmetro Profissional Plus – YSI
Nitrato	mg/L	Espectrofotometria – Standard Methods 4500 – NO ₃ B. (APHA, 1998)
Nitrito	mg/L	Colorimetria – Standard Methods 4500 – NO ₂ B. (APHA, 1998)
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	Espectrofotometria – Standard Methods 4500 – N _{org} B. (APHA, 1998)
Turbidez	UNT	Turbidímetro AP 2000 - PoliControl
Sólidos Totais	mg/L	Seco a 104 ± 1°C – Standard Methods 2540 B. (APHA, 1998)

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

É importante ressaltar que as medidas dos parâmetros pH, Temperatura e OD foram realizadas *in situ*, no momento da coleta das amostras de água para reduzir possíveis interferências.

5.4 ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA

O Índice de Qualidade da Água é composto por nove parâmetros com pesos (w) atribuídos de acordo com a sua importância para a conformação global da qualidade da água (ANEXO A). Além do peso atribuído a cada parâmetro, existe também um valor de qualidade (q) que lhes é atribuído, que é obtido a partir do gráfico de qualidade em função de sua concentração ou valor medido (ANEXO B) (ANA, 2016).

Dessa forma, o IQA pode ser calculado através do produto ponderado dos nove parâmetros, utilizando as equações 1 e 2 (CETESB, 2009):

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i w_i \quad \text{Equação (1)}$$

Em que:

IQA = Índice de Qualidade da Água, que pode variar entre 0 e 100;

q_i = Qualidade do i -ésimo parâmetro. Um número entre 0 e 100 que é obtido a partir do gráfico de qualidade, em função de sua concentração ou medida (resultado da análise);

w_i = Peso correspondente ao i -ésimo parâmetro fixado em função de sua importância para conformidade global da qualidade. É um número entre 0 e 1, de forma que:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad \text{Equação (2)}$$

Sendo n o número de parâmetros utilizados no cálculo do IQA.

Assim, pode-se determinar a qualidade da água indicada pelo IQA, que varia em uma escala de 0 a 100, como mostra no Quadro a seguir:

Quadro 2– Classificação da qualidade das águas.

Categoria	Ponderação
ÓTIMA	$79 < IQA \leq 100$
BOA	$51 < IQA \leq 79$
REGULAR	$36 < IQA \leq 51$
RUIM	$19 < IQA \leq 36$
PÉSSIMA	$IQA \leq 19$

Fonte: Adaptado de CETESB (2016).

Quadro 3 - Classificação da qualidade das águas

Categoria	Ponderação
EXCELENTE	$90 < IQA \leq 100$
BOM	$70 < IQA \leq 90$
MÉDIO	$50 < IQA \leq 70$
RUIM	$25 < IQA \leq 50$
MUITO RUIM	$0 \leq IQA \leq 25$

Fonte: Adaptado de FEAM (2016).

5.5 CULTIVO DE *Daphnia magna*

O cultivo do microcrustáceo *Daphnia magna* foi realizado no Laboratório de Ecologia e Conservação da Universidade Federal da Fronteira Sul – Campus Erechim (RS), seguindo as prescrições da NBR 12.713 (ABNT, 2016).

5.6 TESTE DE TOXICIDADE AGUDA COM *Daphnia magna*

A descrição da metodologia do teste de toxicidade aguda utilizando o microcrustáceo *D. magna* como organismo-teste foi realizada de acordo com a NBR 12.713 (ABNT, 2016).

Finalizado o teste agudo, foi observado o número de indivíduos imóveis/mortos por concentração. A partir desses dados, realizou-se o cálculo da porcentagem de imobilidade de indivíduos por concentração. O resultado do

teste de toxicidade aguda é expresso em $CE_{50,48h}$ (Concentração Efetiva), que corresponde à concentração da amostra que causa efeito agudo (imobilidade/morte) em 50% dos organismos testados, expostos por 48h na solução-teste.

5.7 TESTE DE TOXICIDADE CRÔNICA COM *Daphnia magna*

A metodologia do teste de toxicidade crônica foi realizada com base na exposição de organismos jovens de *D. magna*, a diferentes diluições de uma mesma amostra de água por um período de 21 dias. O teste crônico com *D.magna* é uma adaptação da NBR 13.373 de 2005 (ABNT, 2005).

Os parâmetros analisados durante a execução do teste crônico com *D.magna* são: longevidade, fecundidade e crescimento, além das alterações morfológicas. O parâmetro de longevidade representa a contagem de indivíduos adultos sobreviventes após os 21 dias de teste. O parâmetro de fecundidade foi avaliado a partir da contagem do número de filhotes gerados por *D.magna* durante os 21 dias de teste. Por fim, o parâmetro crescimento consiste em medir o comprimento das *D.magna* sobreviventes após os 21 dias de ensaio, utilizando, para tanto, uma lupa de 40x de aumento e uma régua milimetrada de 1cm (FUZINATTO, 2009)

O resultado dos parâmetros longevidade, fecundidade e crescimento obtidos nas diferentes diluições foi comparado com o resultado obtido no controle. Assim, foi possível determinar a concentração de efeito não-observado (CENO) como também a concentração de efeito observado (CEO).

A CENO pode ser definida como a maior concentração da amostra que não causa efeito significativo aos organismos quando comparado ao controle realizado para o teste. Já a CEO pode ser definida como a menor concentração da amostra que causa efeito significativo nos organismos testados quando comparado ao controle realizado para o teste (FUZINATTO, 2009; MALUF, 2008). Tanto a CENO quanto a CEO são expressas em porcentagem.

5.8 TESTE DE SENSIBILIDADE COM *Daphnia magna*

Para validação dos testes agudo e crônico, realizou-se um teste utilizando uma substância de referência para reconhecer a sensibilidade dos organismos *D.magna* utilizados nos ensaios toxicológicos.

O teste de sensibilidade consiste em expor os organismos jovens por 24 horas a diluições de dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) em meio ISO. A metodologia aplicada a este teste é análoga ao teste agudo e a faixa adequada da sensibilidade para *D. magna* é entre 0,6 e 1,7 mg/L (ABNT, 2016).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos a partir das análises realizadas para o IQA foram avaliados a partir da Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005), que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. No tocante aos testes de toxicidade aguda e crônica, foram avaliados com base na NBR 12.173 (ABNT, 2016) e NBR 13.373 (ABNT, 2005), respectivamente.

6.1 AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS DA ÁGUA SUPERFICIAL

Dentre os parâmetros do IQA analisados, seis deles apresentaram níveis insatisfatórios para alguns pontos de estudo, não atendendo, portanto, os padrões de potabilidade estabelecidos pela Resolução do CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005), que foram Coliformes Termotolerantes, $\text{DBO}_{5,20}$, OD, Fósforo Total, Nitrato e pH. Estes valores estão indicados em **negrito e sublinhado** nas Tabelas 2, 3 e 4 a seguir, em que se apresentam os resultados físico-químicos e microbiológicos.

Tabela 2 – Resultados dos parâmetros do IQA para os três pontos de coleta para o mês de dezembro.

Parâmetro	Unidade	Valor máx (*)	Pontos		
			R1	R2	R3
OD	mg/L	>6	7,4	6,3	7,48
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	<200	9	43	23
pH	-	6<pH<9	7,48	<u>5,83</u>	7,8
DBO _{5,20}	mg/L	<3	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>4</u>
Fósforo Total	mg/L	<0,1 ¹ <0,020 ²	0,07 ¹	0,08 ¹	0,01 ²
Temperatura	°C	-	28,6	24,6	27,3
Nitrito	mg/L	1	0,096	0,10	0,089
Nitrato	mg/L	10	1,60	9,92	<u>11,61</u>
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	3,7 ³ 2,0 ⁴	0,02 ³	0,19 ³	0,04 ⁴
NT	mg/L	-	1,71	10,21	11,75
Turbidez	UNT	<40	0,24	0,23	0,18
Sólidos Totais	mg/L	-	480	600	570

(*) Valores máximos com base na Resolução CONAMA nº 357/2005. Artigo 15 – Classe 1, Doce.

¹ Valores máximos permitidos pela legislação de fósforo total para ambientes lóticos.

² Valores máximos permitidos pela legislação de fósforo total para ambientes lênticos.

³ Valores máximos permitidos pela legislação de Nitrogênio Amoniacal para ambientes com pH ≤ 7,5.

⁴ Valores máximos permitidos pela legislação de Nitrogênio Amoniacal para ambientes com 7,5 ≤ pH ≤ 8,0.

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Tabela 3 – Resultados dos parâmetros do IQA para os três pontos de coleta para o mês de janeiro.

Parâmetro	Unidade	Valor máx (*)	Pontos		
			R1	R2	R3
OD	mg/L	>6	7,3	7,3	6,8
Coliformes Fecais	NMP/100mL	<200	16	≥2.400	93
pH	-	6<pH<9	6,83	6,23	6,72
DBO _{5,20}	mg/L	<3	<u>7</u>	<u>5</u>	<u>6</u>
Fósforo Total	mg/L	<0,1 ¹ <0,020 ²	0,05 ²	0,09 ²	0,01 ²
Temperatura	°C	-	29,8	25,2	29,8
Nitrito	mg/L	1	0,081	0,15	0,088
Nitrato	mg/L	10	6,60	9,69	4,22
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	3,7 ³ 2,0 ⁴	0,036 ³	0,10 ³	0,062 ⁴
NT	mg/L	-	6,72	9,94	4,34
Turbidez	UNT	<40	1,51	3,00	1,00
Sólidos Totais	mg/L	-	290	520	470

(*) Valores máximos com base na Resolução CONAMA nº 357/2005. Artigo 15 – Classe 1, Doce.

¹ Valores máximos permitidos pela legislação de fósforo total para ambientes lóticos.

² Valores máximos permitidos pela legislação de fósforo total para ambientes lênticos.

³ Valores máximos permitidos pela legislação de Nitrogênio Amoniacal para ambientes com pH ≤ 7,5.

⁴ Valores máximos permitidos pela legislação de Nitrogênio Amoniacal para ambientes com 7,5 ≤ pH ≤ 8,0.

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Tabela 4 – Resultados dos parâmetros do IQA para os três pontos de coleta para o mês de fevereiro.

Parâmetro	Unidade	Valor máx (*)	Pontos		
			R1	R2	R3
OD	mg/L	>6	<u>5,7</u>	6,0	6,4
Coliformes Fecais	NMP/100mL	<200	<u>≥2.400</u>	<u>≥2.400</u>	<u>1.100</u>
pH	-	6<pH<9	6,92	6,28	7,08
DBO _{5,20}	mg/L	<3	<u>6</u>	<u>5</u>	<u>4</u>
Fósforo Total	mg/L	<0,1 ¹ <0,020 ²	0,01 ¹	<u>0,16 ¹</u>	<u>0,06 ²</u>
Temperatura	°C	-	25,8	23,9	25,8
Nitrito	mg/L	1	0,085	0,088	0,084
Nitrato	mg/L	10	2,99	6,90	2,55
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	3,7 ³ 2,0 ⁴	0,04 ³	0,067 ³	0,19 ⁴
NT	mg/L	-	3,12	7,05	2,82
Turbidez	UNT	<40	1,77	2,7	1,18
Sólidos Totais	mg/L	-	500	390	560

(*) Valores máximos com base na Resolução CONAMA nº 357/2005. Artigo 15 – Classe 1, Doce.

¹ Valores máximos permitidos pela legislação de fósforo total para ambientes lóticos.

² Valores máximos permitidos pela legislação de fósforo total para ambientes lênticos.³ Valores máximos permitidos pela legislação de Nitrogênio Amoniacal para ambientes com pH ≤ 7,5.

⁴ Valores máximos permitidos pela legislação de Nitrogênio Amoniacal para ambientes com 7,5 ≤ pH ≤ 8,0.

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

As análises individuais dos parâmetros estudados estão descritas nos itens abaixo.

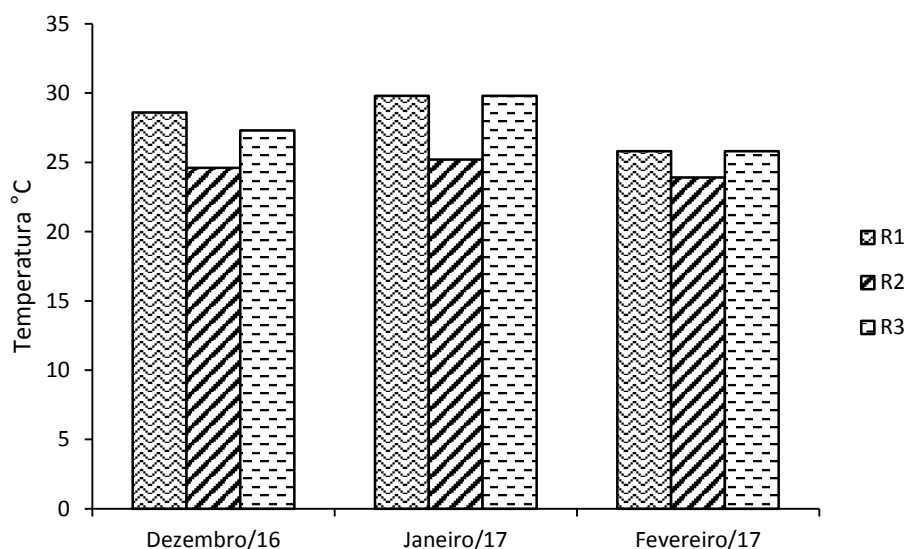
6.1.1 Temperatura

A temperatura apresenta uma grande importância como parâmetro de qualidade. As variações que ocorrem na temperatura da água estão relacionadas principalmente com a variação climática, que ocorre sazonalmente ou até mesmo diariamente. Alguns fatores que influenciam na temperatura são latitude, altitude, estação do ano, entre outros. (CETESB 2009).

Este parâmetro é utilizado frequentemente para a caracterização dos corpos d'água, visto que influencia em parâmetros como pH, OD e salinidade (SPERLING, 2005).

Os resultados das temperaturas obtidas neste estudo estão apresentados na Figura 4:

Figura 4 – Amostragem dos dados de Temperatura nos pontos de coleta.



Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Os pontos estudados apresentaram-se constantes ao longo dos três meses de estudo, sendo que a temperatura mínima observada foi de 23,9°C no ponto R2, para o mês de fevereiro, enquanto que as temperaturas mais elevadas ocorreram no mês de janeiro.

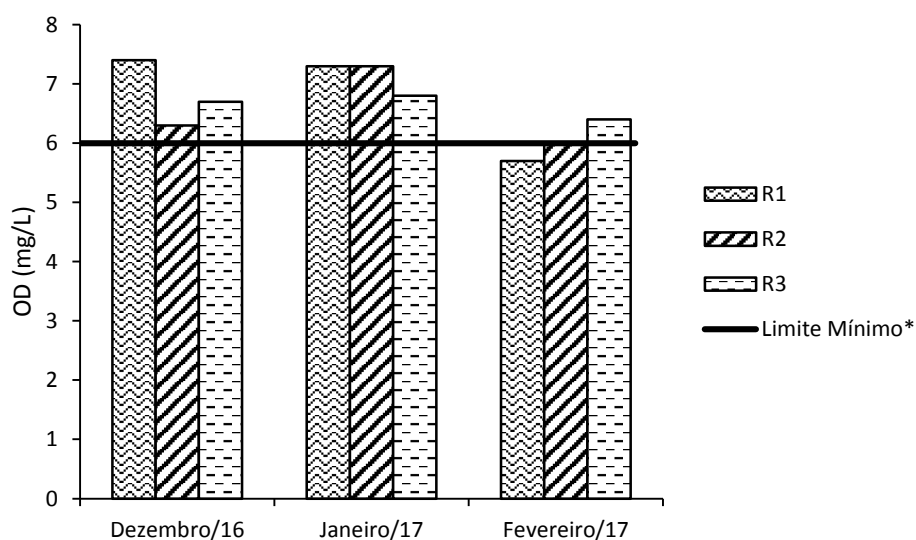
De acordo com Chapman (1996), o aumento da temperatura implica também no aumento das taxas de reações químicas e, em contrapartida, reduz a solubilidade dos gases, como o Oxigênio (LIMA, 2010).

6.1.2 Oxigênio dissolvido

O Oxigênio Dissolvido apresenta uma importância fundamental para a vida aquática (ABDEL-SATAR, 2017). Além de sua importância para os seres vivos aeróbios, o Oxigênio desempenha um papel fundamental na dinâmica e na caracterização dos ecossistemas aquáticos e, em razão disso, é considerado como um dos parâmetros mais importantes do IQA (ESTEVES, 1998).

A variação da concentração de oxigênio dissolvido nos três pontos estudados pode ser observada na Figura 5:

Figura 5 - Amostragem da concentração de OD nos pontos de coleta.



*Limite Mínimo de acordo com a Resolução CONAMA nº 375/2005.

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

De maneira geral, os resultados obtidos para o período de estudo apresentaram a boa capacidade de oxigenação destes corpos hídricos nos três pontos de coleta. Atenta-se ao ponto R1 que, no mês de fevereiro, apresentou uma concentração inferior às demais. Os menores valores de OD podem ser observados no mês de fevereiro para todos os pontos. Isso se deve possivelmente à maior ocorrência de chuva próxima à data da coleta, que pode alterar as condições de OD presentes nos corpos hídricos.

Pode-se dizer que a redução nas concentrações de OD no mês de fevereiro também estão relacionadas ao aumento nos valores de Fósforo total, bem como de coliformes termotolerantes, uma vez que o índice pluviométrico pode ter contribuído para o carreamento de nutrientes para os corpos hídricos,

aumentando a concentração de Fósforo Total e, dessa forma, os microrganismos presentes naquele corpo d'água, com temperatura adequada, irão se reproduzir, aumentando os valores de Coliformes Termotolerantes e, conseqüentemente, reduzindo as concentrações de OD.

De acordo com Sperling (2005), valores de OD muito abaixo da saturação indicam a presença de poluição por matéria orgânica. É importante ressaltar que, caso a concentração de OD venha a atingir 0mg/L, pode-se então afirmar que há apenas condições de anaerobiose naquele corpo d'água.

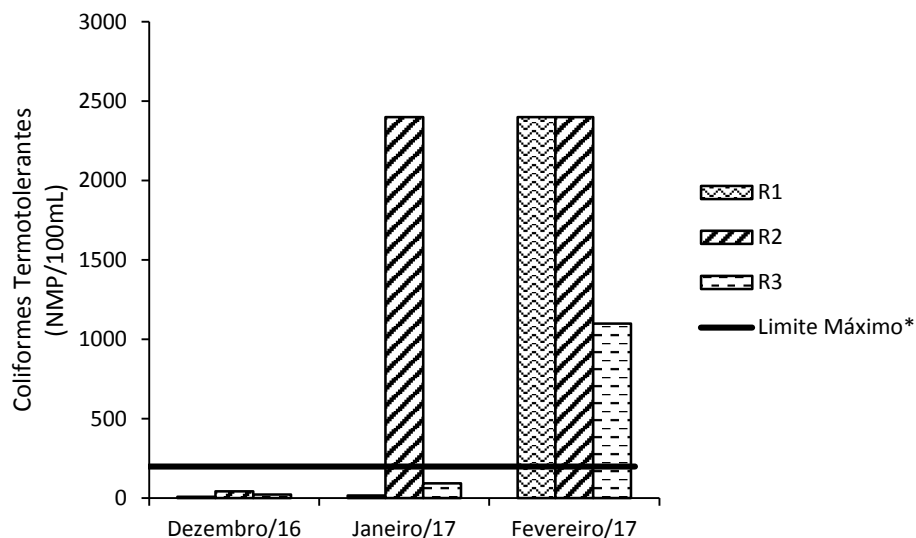
A Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece um limite mínimo de até 6mg/L para a concentração de OD nas águas de Classe 1. Dessa forma, pode-se afirmar o ponto R1 (5,7mg/L) não atendeu as exigências estabelecidas pela legislação na coleta de amostra de água referente ao mês de fevereiro. (BRASIL, 2005).

6.1.3 Coliformes Termotolerantes

A determinação dos organismos patogênicos presentes na água é uma importante ferramenta para a realização da análise microbiológica da mesma, uma vez que é possível relacionar os resultados obtidos à saúde pública (CHAPMAN, 1996). Derísio (2012) afirma que a presença de coliformes na água representa, além de um grande perigo à saúde pública, a possível presença de outros seres patogênicos.

Os resultados obtidos para o teste de Coliformes Termotolerantes apresentam-se na Figura 6:

Figura 6 - Amostragem da concentração de Coliformes Termotolerantes nos pontos de coleta.



* Limite Máximo de acordo com a Resolução CONAMA nº 375/2005.

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Com a análise do gráfico, atenta-se que nenhum dos três pontos de coleta apresentaram altos índices de Coliformes no mês de dezembro. Porém, o R2 apresentou valores elevados de Coliformes Termotolerantes no mês de janeiro e, por fim, no último mês de coleta, todos os pontos apresentaram elevados valores de coliformes. Isto pode ter ocorrido devido à ocorrência de chuvas na véspera da coleta, ocasionando o aporte de matéria orgânica para os corpos d'água e, conseqüentemente, explicando o aumento na concentração de coliformes. Estudos realizados por Lopes (2007) e pelo IGAM (2004) no estado de Minas Gerais, onde avaliaram a qualidade das águas superficiais na Bacia do Ribeirão de Carrancas e na Bacia do Rio Grande, respectivamente, também constataram um aumento na concentração de coliformes devido à influência do período chuvoso.

De acordo com Tong et al. (2016), a ocorrência de valores elevados de coliformes termotolerantes é um indicativo de contaminação de origem fecal humana e animal, proveniente do despejo de efluentes nos corpos d'água estudados. É possível perceber uma quantidade significativa de poteiros no entorno da área de estudo, principalmente nas proximidades do ponto R2, evidenciando ainda mais a contaminação fecal. Outro fato é que, como já citado neste trabalho, o município de Erechim (RS) não possui coleta e tratamento de

efluentes domésticos, o que torna os despejos domésticos inadequados um cenário ainda mais próximo da realidade.

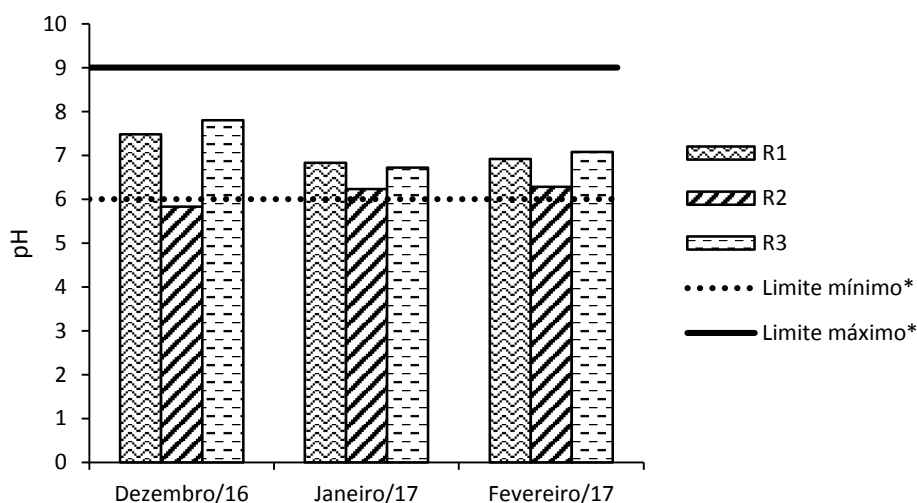
A Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece, para corpos hídricos de Classe 1, um NMP/100mL máximo de 200 coliformes fecais por 100mL. Sendo assim, os três pontos estão em desacordo com o limite estabelecido (BRASIL, 2005).

6.1.4 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH apresenta uma grande importância não somente no ecossistema aquático, como também nas etapas do tratamento de água e, por isso, sua determinação como parâmetro de qualidade é de suma importância. Nas etapas de tratamento, valores baixos de pH podem ocasionar corrosividade nas tubulações de águas de abastecimento, enquanto que valores elevados de pH são responsáveis pelas incrustações nas tubulações de águas de abastecimento. No tocante ao ecossistema aquático, é importante ressaltar que valores de pH afastados da neutralidade podem afetar a vida aquática, ocasionando um desequilíbrio nesse ecossistema (SPERLING, 2005).

Os resultados do pH para os pontos estudados estão apresentados na Figura 7:

Figura 7 – Amostragem dos valores de pH nos pontos de coleta.



* Limite Máximo de acordo com a Resolução CONAMA nº 375/2005.

* Limite Mínimo de acordo com a Resolução CONAMA nº 375/2005.

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Atenta-se ao gráfico que todos os pontos, durante os meses de estudo apresentaram-se muito próximos à neutralidade. O ponto R2 foi o que apresentou menores valores de pH durante todo o período amostral. Sendo assim, pode-se concluir que o pH deste rio é naturalmente acidificado. Essa acidez pode ser explicada pela presença de matéria orgânica próxima àquele ponto, proporcionando condições mais ácidas àquele ambiente. Como já citado anteriormente, o ponto de coleta está situado próximo de propriedades com criadouros de gado e porco, aumentando as possibilidades de apresentar poluição fecal. Danelon (2015) afirma também que a presença da matéria orgânica fosfatada oriunda de fertilizantes utilizados em áreas de agricultura apresentam leves características de acidez, que também podem ter contribuído para a redução nos valores de pH daquele ponto.

O pH influencia diretamente na fisiologia de diversas espécies que habitam o meio aquático e, em função disso, determinadas faixas de pH podem induzir a precipitação de elementos químicos tóxicos como metais pesados, ocasionando efeitos nocivos aos peixes e ao ecossistema aquático. (CETESB, 2009)

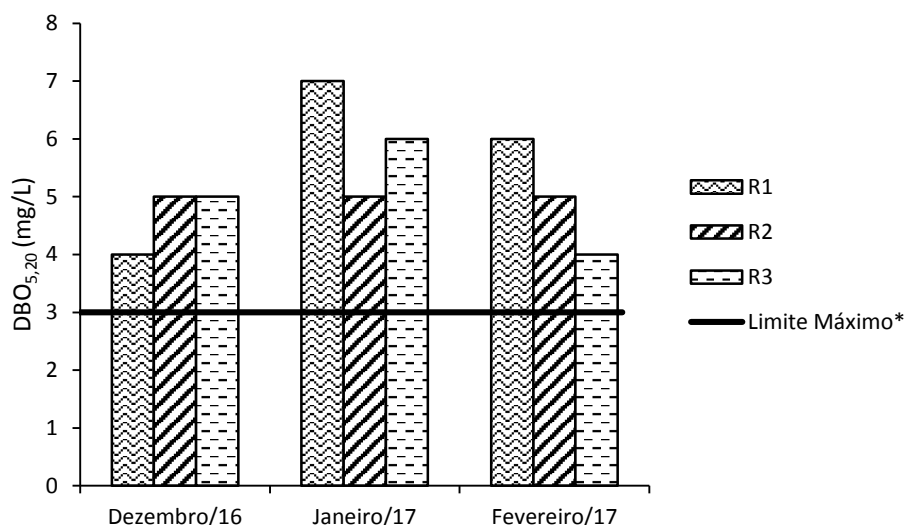
A Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece, para corpos hídricos de Classe 1, que os valores de pH devem estar em uma faixa de 6,0 a 9,0. Os pontos analisados apresentaram valores de pH dentro da faixa limite da legislação, com exceção do ponto R2 no mês de dezembro, que apresentou um pH de 5,83 (BRASIL, 2005).

6.1.5 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_{5,20})

A DBO_{5,20} é um dos indicativos de boas condições de oxigenação de um corpo hídrico e, portanto, sua determinação é muito importante como parâmetro de qualidade (HESPANHOL, 2009; MACHADO, 2006). Sperling (2005) considera a DBO_{5,20}, juntamente da DQO, os parâmetros mais importantes na caracterização do grau de poluição de um corpo d'água.

Os resultados obtidos das concentrações da DBO_{5,20} presentes nos pontos podem ser observados na Figura 8:

Figura 8 – Amostragem da concentração de $\text{DBO}_{5,20}$ nos pontos de coleta



* Limite Máximo de acordo com a Resolução CONAMA nº 375/2005.
 Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Com relação aos resultados de $\text{DBO}_{5,20}$, pode-se perceber que, em geral, as menores concentrações de $\text{DBO}_{5,20}$ foram constatadas no mês de dezembro. No mês de janeiro os pontos R1 e R3 tiveram suas concentrações um pouco mais elevadas, enquanto que no mês de fevereiro apenas o ponto R1 apresentou uma concentração de $\text{DBO}_{5,20}$ mais elevada com relação aos demais pontos estudados.

É importante ressaltar que nos meses de janeiro e fevereiro, a ocorrência de chuvas próxima à data da coleta foi maior do que no mês de dezembro, justificando as maiores concentrações.

Chapman (1996) afirma que concentrações de $\text{DBO}_{5,20}$ presentes nos corpos hídricos indicam que há a contaminação daquele corpo hídrico por despejos de origem orgânica. Quando essas concentrações são elevadas, significa que o teor de matéria orgânica está muito alto, podendo induzir a um completo esgotamento do oxigênio naquelas águas, provocando a mortandade dos peixes e do ecossistema aquático (CETESB, 2009)

Além disso, o aumento das concentrações de $\text{DBO}_{5,20}$ pode ser explicado pela relação entre o fluxo de água da matéria orgânica com o material particulado do solo. É importante ressaltar que as possíveis causas para o aumento das concentrações de $\text{DBO}_{5,20}$ são provenientes de atividades antrópicas

desenvolvidas na área, como por exemplo a utilização de adubação orgânica e de fertilizantes, além de que uma das principais interferências para os valores de $DBO_{5,20}$ é a carga orgânica decorrente do lançamento de esgotos domésticos (MACHADO, 2006; LOPES, 2007).

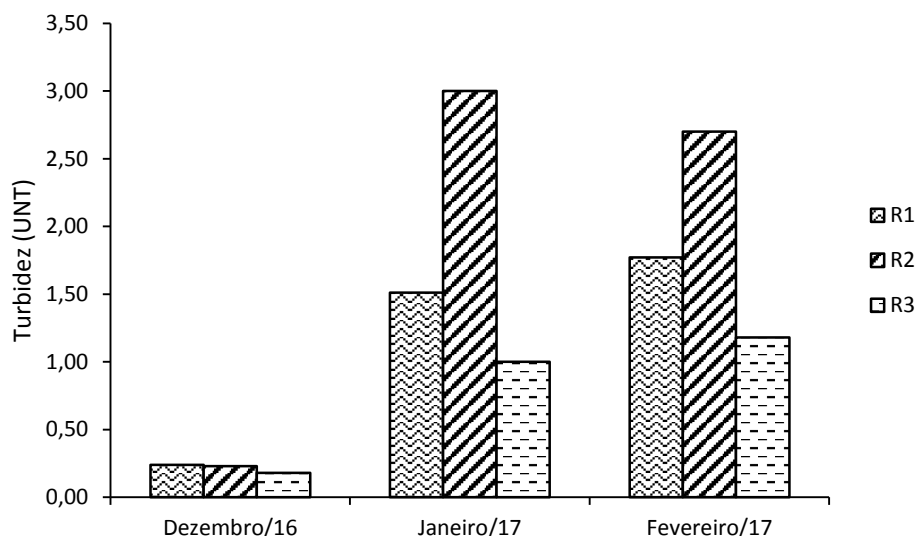
A Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece para águas doces de Classe 1, que as concentrações de $DBO_{5,20}$ não devem ultrapassar o limite de 3mg/L. Dessa forma, todos os pontos de coleta estão em desacordo com a resolução, apresentando influência antrópica sem a preservação de suas características naturais, uma vez que as concentrações obtidas nos resultados apresentaram-se acima dos limites indicados pela Resolução.

6.1.6 Turbidez

A turbidez representa a redução na transparência da água devido à presença dos sólidos em suspensão (MACHADO, 2006). Derísio (2012) cita que a turbidez pode ocorrer de dois modos, sendo eles naturalmente ou artificialmente. O primeiro ocorre principalmente em função dos processos erosivos. Já o segundo ocorre devido ao lançamento inadequado de despejos domésticos e industriais. Sendo assim, é importante que haja a determinação deste parâmetro de qualidade presente na água.

Os resultados obtidos para o parâmetro de Turbidez podem ser observados na Figura 9:

Figura 9 - Amostragem dos valores de Turbidez nos pontos de coleta.



Fonte: Elaborado pela autora (2017).

De acordo com o gráfico apresentado, os três pontos estudados apresentaram baixos valores de turbidez durante o período amostral. Além disso, pode-se observar que os valores de turbidez aumentam, ainda que pouco, nos meses de janeiro e fevereiro. Isso pode ter ocorrido devido ao período de chuva próximo das datas de coleta, aumentando a erosão do solo e, consequentemente, carreando material sólido para os corpos d'água.

A Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece um limite máximo de 40 UNT para corpos hídricos de Classe 1 (BRASIL, 2005). Sendo assim, pode-se afirmar que os níveis de turbidez para os três pontos analisados durante o período amostral se mantiveram de acordo com a legislação.

Para a água ser classificada com padrão de aceitação para consumo humano, a Portaria nº 2.914/2011 estabelece que o valor de Turbidez presente na água após o tratamento não deve ultrapassar 5,0 NTU (BRASIL, 2011). Sendo assim, os valores de turbidez observados neste estudo atendem a Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde.

6.1.7 Sólidos Totais

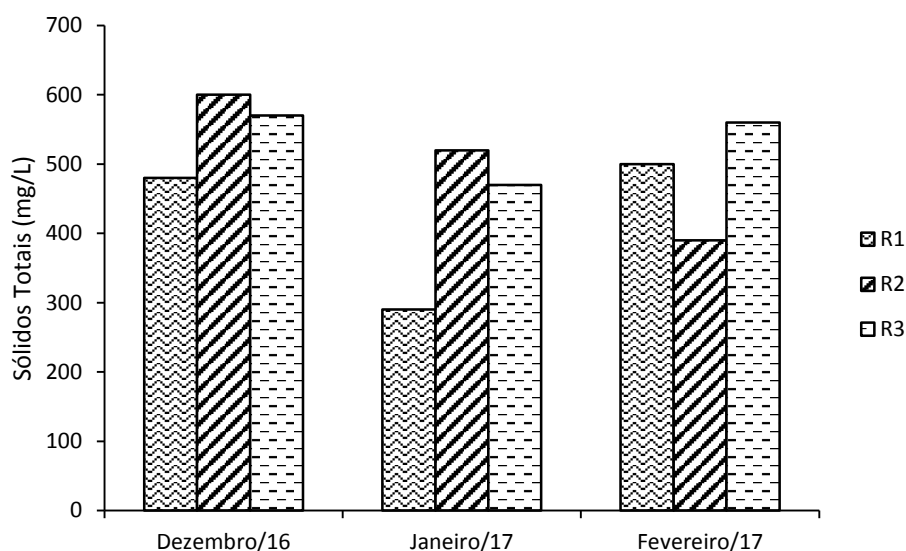
Os sólidos são responsáveis pela presença de cor e turbidez nas águas e representam o teor de matéria seca presente na água (HESPANHOL, 2009). A

determinação da concentração de sólidos na água é uma importante ferramenta para compreender o comportamento do corpo hídrico em estudo. (CETESB, 2009).

De acordo com Machado (2006), a presença dos sólidos na água pode ser proveniente do aporte por carreamento de partículas através da água da chuva e principalmente do lançamento de resíduos.

A Figura 10 apresenta as concentrações obtidas para os sólidos totais neste estudo:

Figura 10 - Amostragem da concentração de Sólidos Totais nos pontos de coleta.



Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Apesar de não possuir limites estabelecidos pela Resolução 357/2005, é muito importante que seja realizada a determinação das concentrações de sólidos totais para classificar a qualidade das águas, uma vez que os sólidos interferem diretamente nos níveis de turbidez e no aparecimento da coloração da água (FREITAS, 2015).

De acordo com o gráfico, pode-se perceber que as concentrações de sólidos apresentaram leves variações nos três pontos estudados. O aumento das concentrações pode ocorrer devido aos processos erosivos ocorrentes em torno dos pontos estudados. É importante ressaltar que mesmo com os índices pluviométricos mais elevados nos meses de janeiro e fevereiro, o carreamento de sedimentos nos corpos hídricos não proporcionou elevados teores de sólidos.

De acordo com Sperling (2005) e CETESB (2009), os sólidos, em elevadas concentrações, podem comprometer a vida aquática, além de causar problemas estéticos, adsorver poluentes presentes na água e também proteger organismos patogênicos.

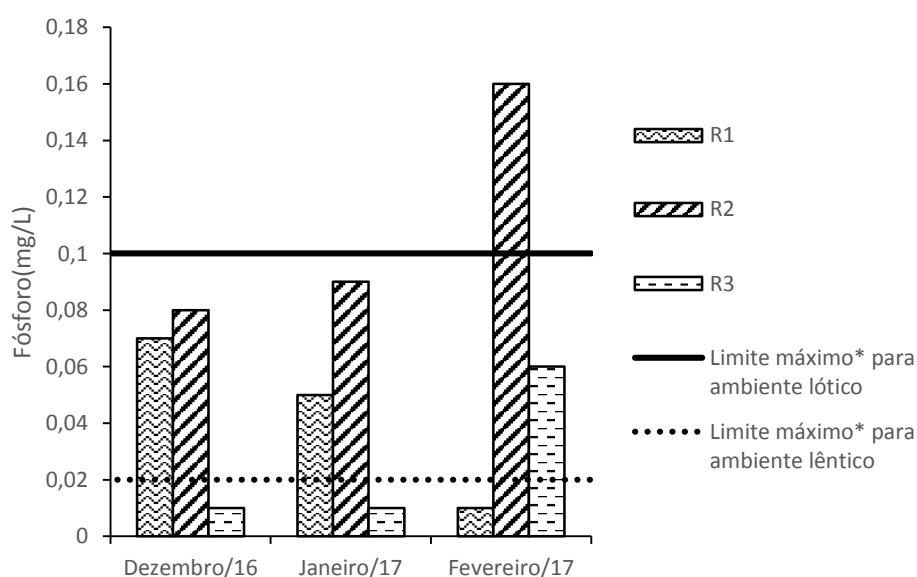
6.1.8 Fósforo Total

A importância do fósforo deve-se principalmente ao fato de ser um nutriente essencial para o crescimento dos microrganismos responsáveis pela estabilização da matéria orgânica e também por ser o nutriente essencial para o crescimento das algas, controlando a produtividade primária nos corpos d'água (SPERLING, 2005; CHAPMAN, 1996).

O aumento artificial deste nutriente nos corpos hídricos devido às atividades humanas, juntamente da presença dos compostos nitrogenados, pode conduzir o fenômeno de eutrofização de lagos e represas sendo, portanto, necessário realizar as análises para determinar a concentração de fósforo total presente na água (SPERLING, 2005; CHAPMAN, 1996).

Sendo assim, os resultados obtidos neste trabalho para a concentração de fósforo apresentam-se na Figura 11:

Figura 11 – Amostragem da concentração de Fósforo Total nos pontos de coleta.



* Limite Máximo de acordo com a Resolução CONAMA nº 375/2005.

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

As concentrações de fósforo obtidas neste estudo apresentaram-se elevadas somente no mês de fevereiro. É importante ressaltar que o ponto R3 era o ponto mais próximo da captação de água, no reservatório, sendo, portanto, um ambiente lântico, enquanto que os pontos R1 e R2 eram nos rios Ligeirinho e Leãozinho, respectivamente, ambientes lóticos.

A região em estudo é composta por uma área predominantemente agrícola e conta com a presença de criadouros de gado e porco próximos aos pontos de coleta, principalmente do ponto R2. Localiza-se na zona rural do município e, dessa forma, é possível explicar as contaminações por produtos químicos como fertilizantes e outras substâncias que contêm fósforo (CHAGAS, 2015). Além disso, é importante ressaltar que a presença de substâncias fosfatadas na água indicam contaminações por esgotos domésticos, o que pode ter contribuído para as altas concentrações de fósforo no mês de fevereiro.

Elevadas concentrações de fósforo presentes na água conduzem aos processos de eutrofização das águas naturais. Este fenômeno possibilita um intenso crescimento de seres vivos que necessitam de nutrientes para sobreviver, como as algas. O aumento da população de algas no corpo hídrico faz com que elas formem uma camada na superfície da água, impedindo penetração de Oxigênio. Este fato pode causar problemas no sistema de abastecimento público, ou ainda causar efeitos nocivos aos seres vivos que necessitam da presença de Oxigênio para sobreviver. (CHAPMAN, 1996; CETESB, 2009)

A Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece, para corpos hídricos de Classe 1, que a concentração máxima permitida em ambientes lóticos é de até 0,1mg/L, enquanto que, para ambientes lânticos, a concentração máxima permitida de fósforo total é de 0,02mg/L (BRASIL, 2005). Sendo assim, apenas o ponto R1 apresentou concentrações satisfatórias durante o período amostral, enquanto que os pontos R2 e R3 excederam os limites estabelecidos pela resolução, no mês de fevereiro. A possível explicação para isso é que o mês de fevereiro foi o mês com maior ocorrência de chuva próxima da data da coleta, auxiliando no aporte de substâncias fosfatadas para o ponto R2 e, consequentemente, para o reservatório, R3.

6.1.9 Nitrato

O parâmetro Nitrogênio total é determinado pela soma dos parâmetros de Nitrato, Nitrito e Nitrogênio Amoniacal. Sendo assim, neste estudo optou-se por realizar os testes de compostos nitrogenados individualmente, de modo a facilitar a apresentação de seus resultados.

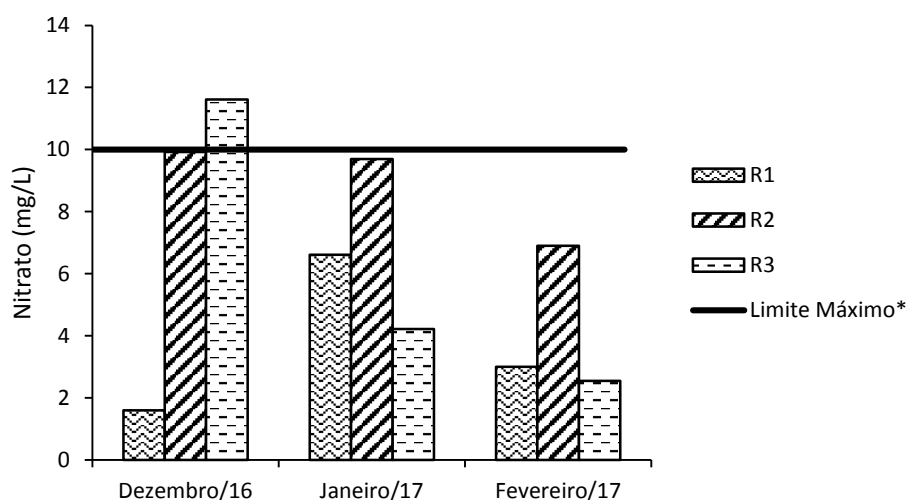
Nos cursos d'água, a forma predominante do nitrogênio indica o estágio de poluição em que aquele corpo se encontra. Se a poluição for recente, então o Nitrogênio encontra-se na forma de Nitrogênio Orgânico ou amônia. Por outro lado, se a poluição for remota, encontra-se basicamente na forma de nitrato (SPERLING, 2005).

Dentre as diferentes formas do Nitrogênio, pode-se dizer que o Nitrato, juntamente do íon amônio, assume uma grande importância no ecossistema aquático. Isso se deve ao fato de que esses dois compostos representam, para os produtores primários, as principais fontes de nitrogênio (ESTEVES, 1998).

O Nitrato é um nutriente essencial principalmente para as plantas aquáticas e suas fontes naturais para as águas superficiais incluem rochas ígneas, drenagem de terra e detritos de plantas e animais (CHAPMAN, 1996).

Os resultados obtidos para as concentrações de nitrato podem ser observados na Figura a seguir:

Figura 12 – Amostragem da concentração de Nitrato nos pontos de coleta.



* Limite Máximo de acordo com a Resolução CONAMA nº 375/2005.
Fonte: Elaborado pela autora (2017).

De modo geral, pode-se perceber que as concentrações mais elevadas de nitrato ocorreram para o ponto R2, com exceção no mês de dezembro, em que o ponto R3 se destacou pela elevada concentração de Nitrato presente no corpo d'água. Este fato reflete, de acordo com Lopes (2007) e Chapman (1996), o indicativo de poluição por dejetos humanos e de animais, além de uma possível aplicação de fertilizantes nos arredores dos pontos de coleta, contribuindo para o aumento dessas concentrações de nitrato.

Além disso, descargas com elevadas concentrações de nitrato podem contribuir para tornar o meio aquático rico em nutrientes, dando origem ao fenômeno da eutrofização. (CHAPMAN, 1996; CETESB, 2009)

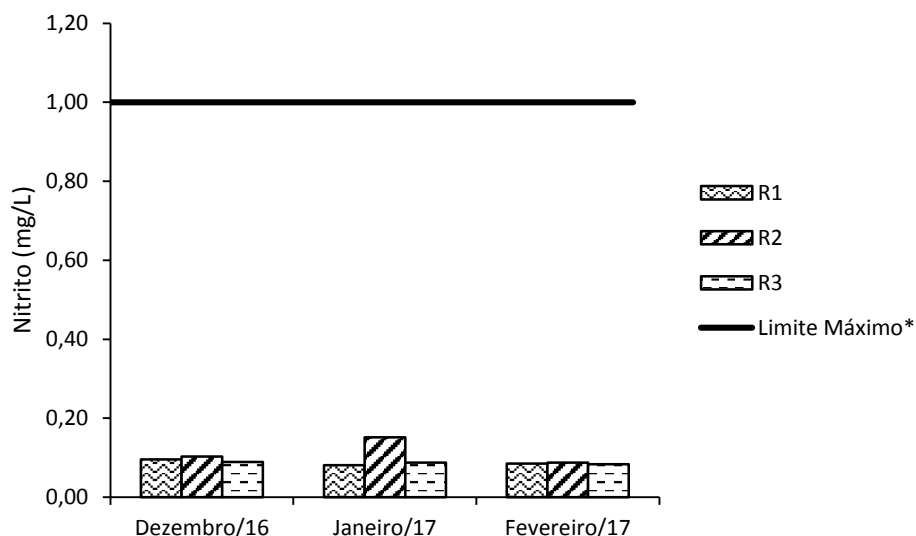
A Resolução CONAMA nº 357/2005, assim como a Portaria nº 2.914/2011, estabelecem, para o Nitrato, um valor máximo permitido de 10mg/L, uma vez que a sua presença sugere condições higiênico-sanitárias insatisfatórias (BRASIL, 2005; BRASIL, 2011). Dessa forma, o ponto R3 apresentou condições insatisfatórias para o nitrato, indicando que pode estar havendo lançamento de esgoto clandestino no curso d'água em pontos distantes, uma vez que a poluição por nitrato aponta a contaminação remota das águas.

6.1.10 Nitrito

O Nitrito é a forma reduzida do Nitrato. Este composto nitrogenado, assim como o Nitrato, é causador de vários impactos negativos à saúde humana (SCHULLEHNER, 2017; WHO, 2011). A presença deste composto é uma indicação de contaminação do corpo d'água e, se ingerido em excesso, o nitrito compete com o ferro pelo oxigênio livre na corrente sanguínea, ocasionando a doença chamada metemoglobinemia, mais conhecida como “doença do sangue azul”. Sendo assim, sua análise é de extrema importância para assegurar a qualidade de vida da população (SCORSAFAVA, 2010).

Os resultados obtidos para o Nitrito podem ser observados na Figura 13:

Figura 13 – Amostragem da concentração de Nitrito nos pontos de coleta.



* Limite Máximo de acordo com a Resolução CONAMA nº 375/2005.

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

É possível observar que as concentrações de Nitrito apresentaram valores semelhantes em todos os meses de estudo. Mesmo sendo baixas as concentrações, o ponto R2 foi o que apresentou os maiores valores de Nitrito. A presença deste composto nitrogenado em elevadas concentrações implica que há ocorrência de processos biológicos ativos naquele corpo hídrico, normalmente influenciados por poluição de origem orgânica (KINDLEIN, 2010).

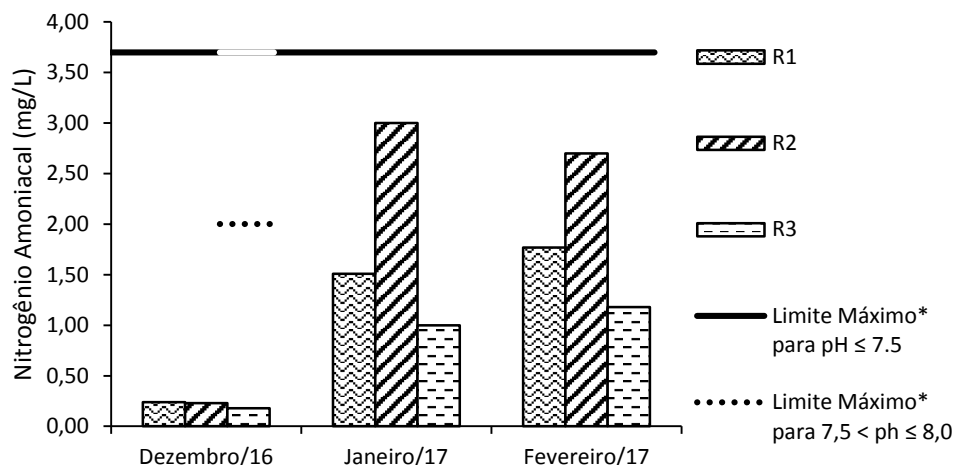
O valor máximo permitido para este parâmetro para águas doces de Classe 1, de acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005, é de até 1mg/L (BRASIL, 2005). Sendo assim, todos os pontos apresentaram concentrações de acordo com os limites estabelecidos pela Resolução.

6.1.11 Nitrogênio Amoniacal

A amônia é um composto nitrogenado que ocorre normalmente em corpos d'água devido à decomposição da matéria orgânica. Em certas faixas de pH, altas concentrações de amônia são tóxicas para o ecossistema aquático, ameaçando o equilíbrio ecológico (CHAPMAN, 1996). Por esse motivo, a determinação das concentrações de nitrogênio amoniacal nos corpos hídricos é muito importante na caracterização da qualidade das águas. (CETESB, 2009)

Os resultados obtidos para o Nitrogênio Amoniacal apresentam-se na Figura 14:

Figura 14 - Amostragem da concentração de Nitrogênio Amoniacal nos pontos de coleta.



* Limite Máximo de acordo com a Resolução CONAMA nº 375/2005. Fonte: Elaborado pela autora (2017).

As concentrações de Nitrogênio Amoniacal não se apresentaram elevadas, porém os meses de janeiro e fevereiro apresentaram maiores concentrações do que o mês de dezembro. Isso possivelmente se deve ao fato de que houveram maiores índices pluviométricos nesses meses de estudo, auxiliando no carregamento de matéria orgânica para os corpos d'água. Abdel-Satar (2017) e Kim, Seo, Choi (2017) afirmam que elevados valores de Nitrogênio Amoniacal decorrentes de atividades antrópicas normalmente estão relacionados ao lançamento de esgotos domésticos e provenientes de atividades agrícolas.

A Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece que a concentração de nitrogênio amoniacal não deve ser maior que 3,7mg/L para $\text{pH} \leq 7,5$; 2mg/L para $7,5 \leq \text{pH} \leq 8,0$ e 1mg/L para $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$ (BRASIL, 2005). Todos os pontos estudados apresentaram $\text{pH} \leq 7,5$, com exceção do R3 que, no mês de dezembro, apresentou um pH entre 7,5 e 8,0. Sendo assim, todos os pontos estudados se enquadram nos limites estabelecidos pela Resolução.

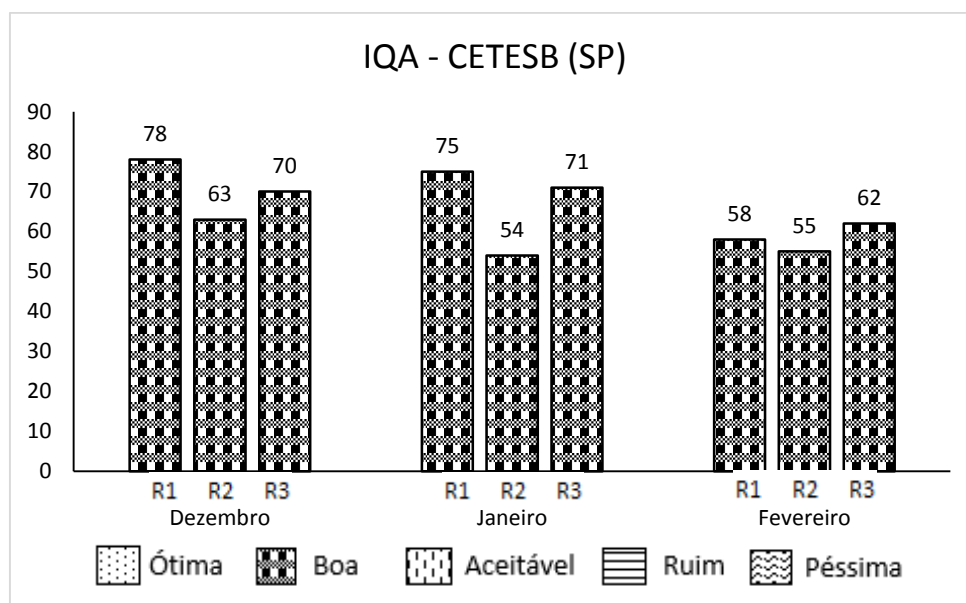
6.2 ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA

A partir dos resultados obtidos dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos, foi possível realizar o cálculo do IQA dos três meses de estudo para o Reservatório e para rios Ligeirinho, Leãozinho. A metodologia utilizada para o cálculo do IQA está descrita no item 5.4 desta monografia.

O IQA compila os resultados individuais dos parâmetros analisados de modo a apresentar apenas um valor, que indica como está a qualidade da água estudada. Esta indicação varia de Péssima a Ótima.

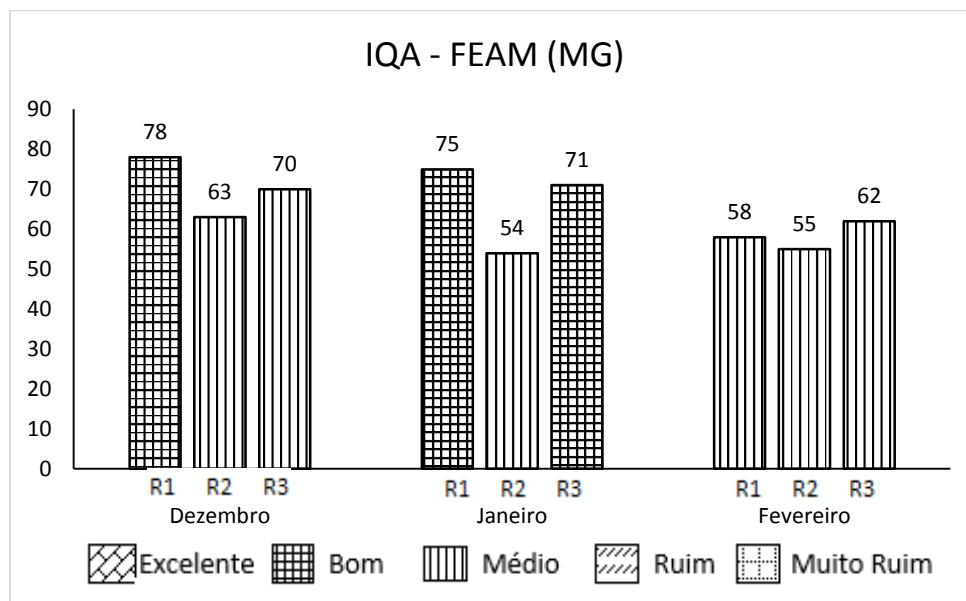
As Figuras 15 e 16 apresentam os resultados do IQA obtidos para os três pontos analisados durante o período de estudo. A classificação por cores segue dois padrões, sendo um deles determinado pela CETESB – SP e outro pela FEAM – MG.

Figura 15 - Resultados do IQA de acordo com a CETESB (SP).



Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Figura 16 - Resultados do IQA de acordo com a FEAM (MG)



Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Pode-se observar que a classificação do IQA, usando como referência a CETESB, apresentou índice considerando a água como Boa para todos os pontos amostrais e durante todo o período amostral.

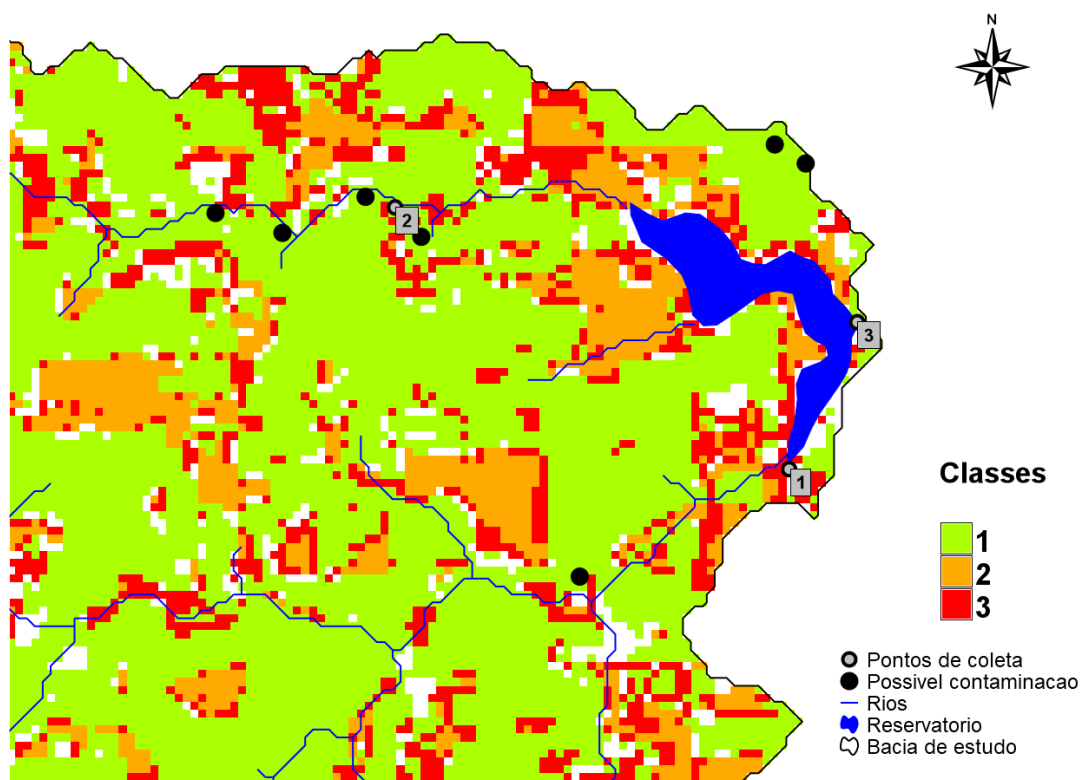
Já, utilizando como referência a FEAM-MG, pode-se observar que a classificação dos pontos estudados variou de Bom a Médio, sendo que todos os pontos estudados apresentaram classificação médio no mês de fevereiro. Como foi possível observar nos resultados individuais dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos, o mês de fevereiro apresentou, em geral, níveis de qualidade inferiores, uma vez que o a ocorrência de chuvas neste mês foi maior na véspera da coleta e no dia da coleta, visto que a pluviosidade é um dos grandes interferentes das características da água. Além disso, o ponto R2 foi o que apresentou apenas classificação de Médio durante todo o período amostral. Isso pode ter acontecido pelo fato do ponto de coleta apresentar maior quantidade de criadouros de gado e porco em suas proximidades do que os outros dois pontos.

Ainda que o IQA aborde a classificação da qualidade das águas de uma maneira geral, é importante observar cada um dos parâmetros abordados por este índice para uma melhor compreensão dos problemas existentes nos corpos hídricos, que o IQA não apresenta em seu resultado final.

Como citado anteriormente, foi possível perceber que o ponto R2 foi o que apresentou menores valores do IQA e também as maiores irregularidades nas

concentrações dos parâmetros individuais. Sendo assim, a figura 17 apresenta o mapa das classes do solo e de possíveis fontes de contaminação de origem fecal para uma maior compreensão dos valores obtidos no IQA.

Figura 17– Mapa de classes do solo e possíveis contaminações. (0) Vegetação de médio porte. (1) Lavouras, solo exposto. (2) Floresta menos densa. (3) Floresta densa.



Fonte: Adaptado de SANTIN, SILVA, GRZYBOWSKI (2016)

A Figura 17 apresenta os pontos de coleta, as classes do solo e as possíveis contaminações provenientes de criadouros de animais em um raio de 500m dos pontos de coleta. Sendo assim, pode-se observar que existe uma concentração de criadouros de animais próxima ao ponto de coleta R2, enquanto que nos pontos R1 e R3 os criadouros apresentam-se mais distantes, o que implica que o ponto R2 é mais suscetível à contaminação de origem fecal. Além disso, é importante observar a extensa área utilizada para fins agrícolas, cujos fertilizantes e agrotóxicos utilizados contribuem fortemente para a contaminação dos corpos hídricos.

6.3 TESTES DE TOXICIDADE

Os resultados dos testes de toxicidade aguda e crônica estão descritos nos itens 6.3.1 e 6.3.2 desta monografia.

6.3.1 Toxicidade Aguda

O teste de toxicidade aguda foi realizado para todos os pontos de coletas durante o período amostral, utilizando 4 diluições e um Controle Negativo. Sendo assim, optou-se por trabalhar com a amostra de água bruta (100%) e as diluições correspondentes à 50%, 25% e 12,5%.

Os resultados obtidos nos testes de toxicidade aguda realizados, foi a ausência da toxicidade aguda para as todas as amostras de água estudadas. Dessa forma, pode-se afirmar que, tanto os rios como o reservatório, atendem à Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas de Classe 1.

6.3.2 Toxicidade Crônica

Diante da ausência de efeitos de toxicidade aguda, decidiu-se investigar a ocorrência de efeitos de toxicidade crônica.

Neste estudo, o teste de toxicidade crônica foi realizado somente para o ponto amostral R3, o reservatório, uma vez que a coleta foi realizada no ponto mais próximo da captação, recebendo todas as substâncias presentes nos rios. Este teste, assim como o agudo, também foi realizado utilizando 4 diluições mais o Controle Negativo, com 10 réplicas cada. Trabalhou-se com a amostra de água bruta (100%) e as diluições correspondentes à 50%, 25% e 12,5%.

No teste de toxicidade crônica realizado neste trabalho, foi verificada a longevidade, o crescimento e a reprodução dos indivíduos. Os resultados obtidos no teste de toxicidade crônica estão apresentados na Tabela 5:

Tabela 5– Resultados do teste de toxicidade crônica.

Amostra	Concentração (%)	Longevidade: sobreviventes (%)	n	Reprodução: Filhotes/posturas	n	Crescimento	n
R3 (DEZ.)	Controle Negativo	100	10	6,66 ± 1,08	10	3,25 ± 0,18	10
	100%	90	10	7,36 ± 1,64	9	3,48 ± 0,22	9
	50%	100	10	7,38 ± 1,28	10	3,53 ± 0,22	10
	25%	100	10	5,89 ± 1,29	10	3,27 ± 1,23	10
	12,5%	100	10	5,27 ± 1,07	10	3,38 ± 0,29	10
CEO (%)		Sem Efeito		Sem Efeito		Sem Efeito	
CENO (%)		100%		100%		100%	
R3 (JAN.)	Controle Negativo	100	10	6,66 ± 1,09	10	3,25 ± 0,18	10
	100%	80	10	7,91 ± 0,83	8	3,52 ± 0,31	8
	50%	70	10	7,36 ± 1,41	7	3,59 ± 0,29	7
	25%	70	10	7,16 ± 1,52	7	3,44 ± 0,24	7
	12,5%	100	10	5,80 ± 1,43	10	3,33 ± 0,19	10
CEO (%)		Sem Efeito		Sem Efeito		Sem Efeito	
CENO (%)		100%		100%		100%	
R3 (FEV.)	Controle Negativo	100	10	6,66 ± 1,09	10	3,25 ± 0,18	10
	100%	100	10	5,53 ± 1,39	10	3,31 ± 0,18	10
	50%	100	10	5,58 ± 1,10	10	3,36 ± 0,17	10
	25%	90	10	5,34 ± 1,41	9	3,28 ± 0,18	9
	12,5%	90	10	5,80 ± 1,95	9	3,17 ± 0,20	9
CEO (%)		Sem Efeito		Sem Efeito		Sem Efeito	
CENO (%)		100%		100%		100%	

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Maluf (2008), Terra & Feiden (2003) afirmam que a validade do teste crônico é assegurada se o Controle apresentar 80% de daphnias sobreviventes até o final do teste, ou seja, 21 dias. Todos os testes realizados neste trabalho com o meio M4 apresentaram 100% das daphnias com longevidade de 21 dias.

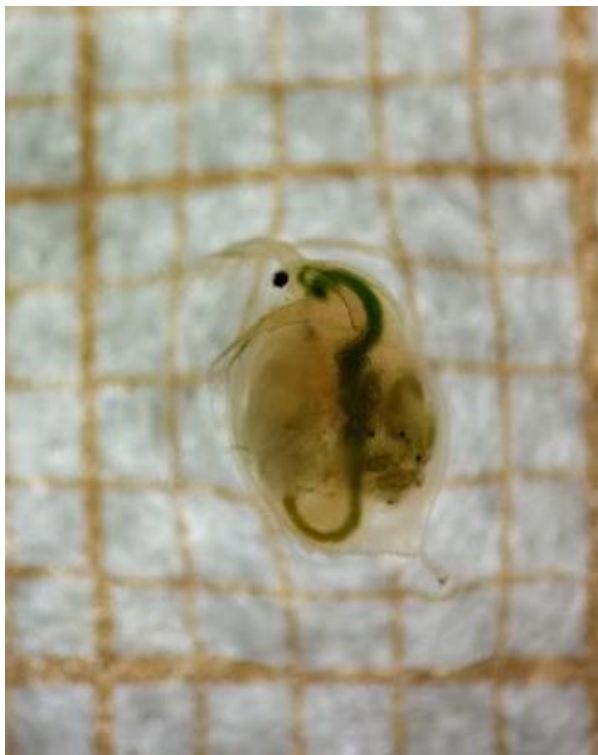
No teste crônico realizado foi registrada uma CENO de 100%, ou seja, a concentração de 100% de água (amostra bruta) não causa efeito tóxico crônico no tocante à longevidade, ao crescimento e à reprodução dos indivíduos. Não foram identificados efeitos de toxicidade crônica, uma vez que a amostra bruta não teve efeito. Dessa forma, a CEO não pode ser observada. Testes similares em águas superficiais do córrego da Universidade Federal de Santa Catarina

(UFSC) foram realizados por Maluf (2008), que também revelaram ausência da toxicidade crônica.

Dessa forma, constatou-se a ausência de efeitos tóxicos crônicos no teste de toxicidade crônica para o ponto R3, o ponto mais próximo da captação, localizado no Reservatório. Sendo assim, pode-se afirmar que o local de coleta atende à Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas de Classe 1.

A Figura 18 apresenta o final do teste de toxicidade crônica, em que o indivíduo é observado na lupa de 40x de aumento para verificar se há alterações morfológicas, como deformações nas antenas e encurtamento do espinho apical. A *Daphnia magna* observada na Figura 18 não apresenta nenhum tipo de alteração morfológica.

Figura 18– *Daphnia magna* observada na lupa.



Fonte: Elaborado pela autora (2017).

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005 e a Portaria nº 2.914/2011, os pontos amostrais não apresentaram potabilidade adequada, além de não possuírem todas as características que as enquadre como Classe 1, uma vez que os rios apresentaram concentrações irregulares em diversas fases do estudo.

Os resultados de Coliformes Termotolerantes e $\text{DBO}_{5,20}$ apresentaram, para todos os pontos de coleta, concentrações excedentes aos limites estabelecidos pela Resolução, concluindo que não atendem as exigências da legislação para Classe 1.

Para o parâmetro de Oxigênio Dissolvido, apenas o ponto R1 apresentou concentração abaixo dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005.

As concentrações de Fósforo Total excederam a concentração máxima permitida pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para os pontos R2 e R3. Já, para o parâmetro Nitrato, o ponto R3 foi o que excedeu os limites impostos pela legislação.

Os valores de pH apresentaram-se constantes durante o estudo, com exceção do ponto R2 no mês de fevereiro, que apresentou características mais ácidas que o mínimo permitido pela Resolução CONAMA nº 357/2005. Foi possível observar que o ponto R2 apresentou valores menores de pH em todos os meses de estudo. Dessa forma, pode-se concluir que o pH do ponto R2 é naturalmente acidificado.

De maneira geral, pode-se avaliar como maiores interferentes dos resultados fora dos parâmetros determinados pela Resolução CONAMA nº 357/2005 os índices pluviométricos, que foram maiores nos meses de janeiro e fevereiro, a área de estudo, que é utilizada para fins de agricultura e silvicultura, e que também possui uma grande quantidade de criadouros de gado e porco e pastagens na área, e a ausência de um tratamento adequado de efluentes domésticos, indicando uma maior contaminação de origem fecal nos corpos hídricos.

Para o restante dos parâmetros estudados neste trabalho, os pontos R1, R2 e R3 atendem as características de um corpo hídrico Classe 1. Apesar disso, os parâmetros cujas concentrações apresentaram-se irregulares impedem tal enquadramento. Sendo assim, baseando-se nas análises e estudos realizados para o IQA, conclui-se que os pontos estudados necessitam implementações e melhorias urgentes em suas propriedades.

Os resultados do IQA para os pontos estudados apresentaram-se na faixa de Boa a Média, porém é importante ressaltar que há irregularidades nas concentrações individuais dos parâmetros que devem ser regularizadas, caso contrário o rio não atende as características necessárias da Classe em que se enquadra.

Os testes de toxicidade aguda não apresentaram efeitos tóxicos nos três pontos estudados durante todo o período amostral. Da mesma forma, os testes de toxicidade crônica também não apresentaram efeitos tóxicos para o Reservatório (R3) durante o período amostral.

Como recomendações, outros estudos devem ser realizados nos locais estudados neste trabalho por um maior período de tempo para que possa ser possível observar as reais fontes de poluição observadas nos rios. Além disso, recomenda-se o estudo do Índice de Qualidade da Água de Reservatórios (IQAR) para o Reservatório, uma vez que este índice é específico para reservatórios e pode fornecer com maior precisão os resultados e origens de contaminação.

Pode-se dizer que este trabalho serve como uma avaliação preliminar de uma pequena parcela da APA dos Rios Ligeirinho e Leãozinho, apresentando resultados de um pequeno trecho dos rios e uma pequena parte reservatório. Sendo assim, recomenda-se a análise de qualidade da água para a extensão de cada um dos rios estudados, afim de garantir a potabilidade da água utilizada para consumo humano, evitando problemas de saúde pública para a população do município de Erechim (RS).

REFERÊNCIAS

ABBASI, T., ABBASI, S.A. **Water Quality Indices**. 1. ed. Reino Unido: Elsevier, 2012. 384 p.

ABDEL-SATAR, A. M., ALI, M. H., GOHER, M. E. Indices of water quality and metal pollution of Nile River, Egypt. **The Egyptian Journal of Aquatic Research**, Egito, v. 43, p. 21-29, 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS – ANA. **ATLAS Brasil**: Abastecimento Urbano de água. ANA, 2010. Disponível em: <<http://atlas.ana.gov.br/atlas/forms/analise/Geral.aspx?est=3&mapa=sist>>. Acesso em: 17 set. 2016.

_____. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**. Brasília, 2013. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/institucional/spr/conjuntura/webSite_relatorioConjuntura/projeto/index.html>. Acesso em: 04 set. 2016.

_____. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**. Brasília, 2015. Disponível em: < http://www3.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conjuntura_informe_2015.pdf >. Acesso em: 04 set. 2016.

_____. **GEO Brasil Recursos Hídricos**: Componente da Série de Relatórios sobre o Estado e Perspectivas do Meio Ambiente no Brasil. Resumo Executivo, Brasília, 2007. Disponível em: < <http://www.ceivap.org.br/estudos/Geo-Brasil-Recursos-Hidricos-Resumo-Executivo.pdf> >. Acesso em: 17 set. 2016.

_____. **Indicadores de Qualidade: Índice de qualidade das águas (IQA)**. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx#>>. Acesso em: 01 set. 2016

_____. **Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil**. Brasília, 2005. Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/Publicacao/PANORAMA_DA_QUALIDADE_DAS_AGUAS.pdf>. Acesso em: 07 set. 2016.

_____. **Região Hidrográfica do Uruguai**. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/portais/bacias/uruguai.aspx>>. Acesso em: 05 set. 2016.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WATER ENVIRONMENTAL FEDERATION.

Standard Methods for the examination of water and wastewater. 20. ed. Washington, 1998.

ASHBOLT, N. J., GRABOW, W. O. K., SNOZZI, M. W. Indicators of microbial water quality. In: WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. **Water quality. Guidelines, Standards and Health: Assessment of risk and risk management for water-related infectious disease.** Reino Unido, 2001. 413 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 12.713: **Ecotoxicologia aquática - Toxicidade aguda - Método de ensaio com *Daphnia* spp. (Cladocera, Crustacea).** Rio de Janeiro, 2016a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13.373: **Ecotoxicologia Aquática - Toxicidade crônica - Método de ensaio com *Ceriodaphnia* spp. (Crustacea, Cladocera).** Rio de Janeiro, 2005.

ALCÂNTARA, D. C. **Avaliação da qualidade da água em mananciais superficiais:** estudos para criação de unidade de conservação em Itapema/SC. 2010. 55 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2010.

BERNARDO, L., DANTAS, A. B. **Métodos e Técnicas de Tratamento de Água.** 2. ed. v.1. São Paulo: Rima Editora, 2005.

BOYD, C.E.. **Water Quality:** an introduction. 2. ed. New York: Springer Science, 2000. 356 p.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.** Diário Oficial da União. Brasília, DF, 08 jan. 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm>. Acesso em: 04. Set. 2016.

_____. Leiº 6.938, de 31 de agosto de 1981. **Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.** Data da legislação: 31/08/1981 – Publicação DOU, de 02/09/1981. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm>. Acesso em: 04 set. 2016.

_____. Portaria Nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. **Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.** Data da legislação: 12/12/2011 – Publicação DOU, de 14/12/2011. Disponível em: <<http://www.saude.mg.gov.br/images/documentos/PORTARIA%20No->

%202.914,%20DE%2012%20DE%20DEZEMBRO%20DE%202011.pdf>.
Acesso em: 01 set. 2016.

_____. Resolução nº 32/2003 , de 15 de outubro de 2003. **Institui a Divisão Hidrográfica Nacional**. Data da legislação: 15/10/2003 – Publicação DOU, de 17/12/2003. Disponível em:
<http://www.aesa.pb.gov.br/legislacao/resolucoes/cnrh/32_2003_divisao_hidrografica_nacional.pdf>. Acesso em: 04 set. 2016.

_____. Resolução nº 357/2005 , de 17 de março de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências**. Data da legislação: 17/03/2005 – Publicação DOU, de 18/03/2005. Disponível em:
<<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 06 set. 2016.

BUZELLI, G. M., SANTINO, M. B. C. Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita, SP. **Revista Ambiente & Água**, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 186-205, 2013

CESAR, A., SILVA, S. L. R., SANTOS, A. R. **Testes de Toxicidade Aquática no Controle da Poluição**. 4. ed. São Paulo: Universidade Santa Cecília, 1997. 37 p. Disponível em: <<https://www.unisanta.br/arquivos/apostilaecotox.pdf>>. Acesso em: 07 set. 2016.

CHAGAS, F. B., **Biomonitoramento da qualidade de água dos Rios Leãozinho e Ligeirinho, Erechim, RS**: Abordagem integrada através de parâmetros biológicos, físico-químicos e microbiológicos. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Universidade Federal da Fronteira Sul, Erechim, RS, 2015.

CHAPMAN, D. **Water quality assessments**: A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring. 2 ed. Taylor & Francis, p. 626. 1996

CLARE, J. **Daphnia**: Na aquarist's Guide. 2012. Disponível em: <<http://www.caudata.org/daphnia/>> Acesso em 16 set. 2016.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. **Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem**. São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/32/2013/11/variaveis.pdf>>. Acesso em: 07 set. 2016.

_____. **Índices de Qualidade das Águas**. São Paulo, 2016. Disponível em: <<http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/informacoes-basicas/indices-de-qualidade-das-aguas/>>. Acesso em: 15 nov. 2016.

CORCORAN, E., NELLEMAN, C., BAKER, E., BOS, R., OSBORN, D., SAVELLI, H. **Sick Water?** The central role of wastewater management in sustainable development. Noruega: UN-HABITAT, 2010. 88 p. Disponível em: <http://www.unep.org/pdf/SickWater_screen.pdf>. Acesso em: 17 out. 2016

COSTA, C. R., OLIVI, P., BOTTA, C. M. R., ESPINDOLA, E. L. G. A toxicidade em ambientes aquáticos: discussão e métodos de avaliação. **Química Nova**, São Paulo, v. 31, n. 7, p. 1820-1830, 2008.

DANELON, J. R. B. **Avaliação hídrica da bacia hidrográfica do Córrego do Glória, Uberlândia – MG**. 2015. 84 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 2015.

DECIAN, V. S. **Análise e zoneamento ambiental da área de proteção ambiental dos rios Ligeirinho e Leãozinho (Erechim, RS)**. 2012. 132 f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, 2012.

DERÍSIO, J. C. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. 4 ed. São Paulo, Oficina de Textos, 2012. 233 p.

DEZUANE, J. **Handbook of Drinking Water Quality**. 2. ed. Estados Unidos da América: John Wiley & Sons, INC, 1996. 575 p.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – EPA. **Parameters of Water Quality**: Interpretation and Standards. Irlanda, 2001. Disponível em: <https://www.epa.ie/pubs/advice/water/quality/Water_Quality.pdf>. Acesso em: 07 set. 2016.

ERECHIM. Prefeitura Municipal. Secretaria Municipal do Meio Ambiente. **Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental dos Rios Ligeirinho e Leãozinho**. Erechim, 2011. Disponível em: <http://www.pmerechim.rs.gov.br/uploads/files/Plano_Manejo_APA_Rios_Ligeirinho_Leaozinho__Dez_2011.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2016.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos da Limnologia**. 2 ed. Rio de Janeiro, FINEP, 1998

EUROPEAN Commission. **Water is for life**: How the Water Framework Directive helps safeguard Europe's resources. Bélgica, 2010. Disponível em: <[http://www.vannportalen.no/globalassets/nasjonalt/dokumenter/organisering/eurlopeisk--eus-rammedirektiv/felles-europeisk-strategi/informasjonsmateriale-om-](http://www.vannportalen.no/globalassets/nasjonalt/dokumenter/organisering/eurlopeisk--eus-rammedirektiv/felles-europeisk-strategi/informasjonsmateriale-om)

vanndirektivet-til-eu-kommisjonen/water-is-for-life.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2016.

_____. **Water**. Dinamarca, 2016. Disponível em: <<http://www.eea.europa.eu/themes/water/intro>>. Acesso em: 25 ago. 2016.

FARIAS, M. S. S. de. **Monitoramento da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio cabelo**. 2006. 152 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Campina Grande, PB, 2006.

FREITAS, F. A. **Qualidade da água e uso da terra na Bacia de Contribuição da Represa de São Pedro, Juiz de Fora – MG**. 2015. 142 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF, Juiz de Fora, MG, 2015.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – FEAM. Disponível em: <<http://www.feam.br/>>. Acesso em: 11 jun. 2017.

FUNDAÇÃO NACIONAL DA SAÚDE – FUNASA. **Engenharia de Saúde Pública**. Disponível em: <<http://www.funasa.gov.br/site/engenharia-de-saude-publica-2/saneamento-para-promocao-da-saude/>>. Acesso em: 30 set. 2016

_____. **Manual de Controle da Qualidade da Água para Técnicos que Trabalham em ETAs**. Brasília, 2014. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manualcont_quali_agua_tecnicos_trab_emetas.pdf>. Acesso em: 07 set. 2016.

_____. **Manual prático de análise de água**. Brasília, 2009. 145 p. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/eng_analAgua.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2016.

FUZINATTO, C. F. **Avaliação da qualidade da água de rios localizados na ilha de Santa Catarina utilizando parâmetros toxicológicos e o índice de qualidade de água**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, SC, 2009. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/92241>>. Acesso em 29 mar 2016.

GUIMARÃES, A. J. A., CARVALHO, D. F., SILVA, L. D. B.M. **Saneamento Básico**. Apostila do Instituto de Tecnologia/Departamento de Engenharia – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <<http://www.ufrrj.br>>. Acesso em: 25 nov. 2016.

HELLER, L., PÁDUA, V.L. **Abastecimento de água para consumo humano**. 2. ed. Minas Gerais: Editora UFMG, 2010. 859 p.

HESPAHOL, K. M. H. **Monitoramento e diagnóstico da qualidade da água do Ribeirão Morangueiro**. 2009. 153f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, 2009.

HUNTER, P.R. **Waterborne Disease: Epidemiology and Ecology**. Inglaterra: John Wiley & Sons, INC, 1997. 372 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Atlas de saneamento 2011**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/atlas_saneamento/default_zip.shtm>. Acesso em: 25 nov. 2016.

_____. **Cidades**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=430700&search=rio-grande-do-sul|erechim>>. Acesso em: 05 nov. 2016.

_____. **Dados do Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 05 nov. 2016.

_____. **Doenças relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado (DRSAI)**. Disponível em: <<http://serieestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vcodigo=AM38&sv=95&t=doencas-relacionadas-ao-saneamento-ambiental-inadequado-drsai>>. Acesso em: 05 set. 2016.

INSTITUTO SÓCIO AMBIENTAL VIDA VERDE – ELOVERDE. **Projeto revitalização dos rios de Erechim**. Erechim, 2011. Disponível em: <<http://www.eloverde.org.br/uploads/artigos/Relatorio%20Final%20BAIXA%20Qualidade%2003.09.13.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2016.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS – IGAM. **Relatório de monitoramento das águas superficiais da bacia do Rio Grande em 2004**. Belo Horizonte, 2004, 249 p.

KIM, S. E., SEO, W. I., CHOI, S. Y. Assessment of water quality variation of a monitoring network using exploratory factor analysis and empirical orthogonal function. **Environmental Modelling & Software**, República da Coreia, v. 94, p. 21-35, 2017.

KINDLEIN, C. P. **Determinação do teor de nitratos e nitritos na água de abastecimento do município de Nova Santa Rita**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química) – Centro Universitário La Salle, Canoas, RS. 2010.

KNIE, J. L. W.; LOPES, E. W. B. **Testes Ecotoxicológicos: métodos, técnicas e aplicações**. Florianópolis: FATMA/ GTZ, 2004. 289 p.

KRISHAN, G., KUMAR, C. P., PURANDARA, B. K., Singh S., Ghosh N. C., Gurjar S., Chachadi A. G. Assessment of Variation in Water Quality Index (WQI) of Groundwater in North Goa, India. **Curr World Environ**, Índia. 2016.

LEITE, F.; FONSECA, O. **Aplicação de índices de qualidade das águas na lagoa Caconde, Osório, RS**. IN: Seminário de Qualidade das Águas Continentais no Mercosul, 1. Anais. Organizador: David M. Marques- ABRH. 1994.

LI, R., ZOU, Z., AN, Y. Water quality assessment in Qu River based on fuzzy water pollution index method. **Journal of Environmental Sciences**. China, 2016.

LIMA, M. S. B. **Monitoramento das águas da Bacia Hidrográfica Pirangi pela determinação dos índices de qualidade da água – IQA e índice de toxicidez (IT)**. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2010.

LOPES, F. W. A. **Avaliação da qualidade das águas e condições de balneabilidade na Bacia do Ribeirão de Carrancas – MG**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2007.

MACHADO, W. C. P. **Indicadores da qualidade da água na Bacia Hidrográfica do Rio Pato Branco**. Tese (Doutorado em Geologia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2006.

MALUF, C. **Avaliação toxicológica da água do córrego da sub-bacia da UFSC utilizando *Daphnia Magna* como organismo-teste**. 2008. 61 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2008.

MATIAS, W. G. **Introdução a Toxicologia**. Florianópolis: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFSC, 2005.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION – NASA. **The Water Cycle**. Earth Observatory (NASA), 2010. Disponível em: < <https://pmm.nasa.gov/education/articles/earth-observatory-water-cycle-overview>>. Acesso em: 25 ago. 2016.

OGA, S., CAMARGO, M. M. A., BATISTUZZO, J. A. O. **Fundamentos de Toxicologia**. 3. ed. São Paulo: Atheneu Editora, 2008. 704 p.

OSCAR, B. V. **Avaliação toxicológica de nanoestruturas de óxido de zinco aplicadas em argamassas**. 2015. 88 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2015.

PÁDUA, V. L. **Tratamento de águas de abastecimento**. Minas Gerais: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, 2004.

PAYMENT, P., HUNTER, P. R. Endemic and epidemic infectious intestinal disease and its relationship to drinking water. In: Fewtrell, L.; Bartram, J. **Water quality: Guidelines, Standards and Health**. London: IWA Publishing, 2001, 61 - 88p. Disponível em: <http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/iwachap4.pdf>. Acesso em: 17 out. 2016.

PEREIRA, I. S. **Índices de qualidade da água para consumo humano: modelagem e influência do uso e ocupação do solo**. 2014. 120 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2014.

PEREIRA, L.S., CORDERY, I. IACOVIDES, I. **Coping With Water Scarcity: Addressing the Challenges**. Paris: Springer, 2009. 382 p.

PEREIRA, R. S. Identificação e Caracterização das Fontes de Poluição em Sistemas Hídricos. **Revista Eletrônica de Recursos Hídricos**, IPH-UFRGS, v.1, n.1, p. 20-36, 2004.

RAND, G. M. **Fundamentals of Aquatic Toxicology: Effects, Environmental Fate, and Risk Assessment**. 2. ed. Estados Unidos da América: Taylor & Francis, 1995. 1148 p.

ROSSETTO, A. L. O. F. **Estudo comparativo entre os efeitos tóxicos agudos e crônicos do óxido de cobre na forma de nanopartícula e micropartícula**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2012.

SANTIN, F. M., SILVA, R. V., GRZYBOWSKI, J. M. V. Artificial neural network ensembles and the design of performance-oriented riparian buffer strips for the filtering of nitrogen in agricultural catchments. **Ecological Engineering**, v. 94, p. 493 – 502, 2016.

SARMENTO, R., SERAFIM, A. J., DORIGUETO, J. M., DONATELLI, M. R. **Determinação da capacidade de assimilação dos corpos de água para a disposição final dos efluentes domésticos e industriais**. IN: Associação

Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Trabalhos técnicos. Rio de Janeiro. 1997.

SCORSFAVA, M. A., SOUZA, A., STOFER, M., NUNES, C. A., MILANEZ, T. V. Avaliação físico-química da qualidade da água de poços e minas destinada ao consumo humano. **Revista Inst Adolfo Luz**, v. 69, n. 2, p. 29-32, 2010.

SCHULLEHNER, J., STAYNER, L., HANSEN, B. Nitrate, Nitrite and Ammonium variability in drinking water distribution systems. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 14, n. 3, 2017.

SPERLING, M. V. **Estudos e Modelagem da Qualidade da Água de Rios**. v.7. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais, 2007. 588 p.

_____. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3.ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2005. 452 p.

SUN, Y., CHEN, Z., WU, G., WU, Q., ZHANG, F., NIU, Z., HU, H.Y. Characteristics of water quality of municipal wastewater treatment plants in China: implications for resources utilization and management. **Journal of Cleaner Production**, China, v. 131, p. 1-9, 2016.

TERRA, N. R., FEIDEN, I. R. Reproduction and survival of *Daphnia magna* Straus, 1820 (Crustacea:Cladocera) under different hardness conditions. **Acta Limnol. Bras**, v.15, p. 51-55, 2003.

TONG, Y., YAO, R., HE, W., ZHOU, F., CHEN, C., LIU, X., LU, Y., ZHANG, W., LIN, Y., ZHOU, M. Impacts of sanitation upgrading to the decrease of fecal coliforms entering into the environment in China. **Environmental Research**, China, v. 149, p. 57-65, 2016

TOSO, A. M. **Proposta de pagamento por serviços ambientais em uma área de preservação ambiental do município de Erechim/RS**. 2016. 131 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Universidade Federal da Fronteira Sul, Erechim, RS, 2016.

TRINDADE, C. S. **Relação entre a qualidade da água e sedimentos no reservatório de Biritiba-Mirim-SP face ao uso do solo em áreas sob vegetação natural e áreas agrícolas**. 2016. 239 f. Tese (Doutorado em Ciência Ambiental) – Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2016.

UNITED NATIONS – UN. **Water: Facts and Trends**. Water and Sustainable Development Program, 2006. Disponível em:<

http://www.unwater.org/downloads/Water_facts_and_trends.pdf>. Acesso em: 05 set. 2016.

UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL – UNESCO. **The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World**. Paris: UNESCO, 2015. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002318/231823E.pdf>>. Acesso em: 31 ago. 2016.

_____. **The United Nations World Water Development Report 2015: Water for People, water for life**. Paris: UNESCO, 2003. 36 p. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001295/129556e.pdf>>. Acesso em: 05 set. 2016.

VIGIL, K.M. **Clean Water: An Introduction to Water Quality and Water Pollution Control**. 2. ed. Estados Unidos da América: Oregon State University Press, 2003. 192 p.

VÍTOR, A. A. **Qualidade da água de abastecimento da comunidade dos Pimentas, Lavras – MG**. 2015. 106 f. Dissertação (Mestrado em Gestão de Resíduos e Efluentes) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2015.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. **Guidelines for drinking-water quality**. 2. ed. V.1 Suíça, 1993. 188 p. Disponível em: <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44584/1/9789241548151_eng.pdf>. Acesso em: 07 set. 2016.

_____. **Guidelines for Drinking-water Quality**. 4. ed. 2011. Disponível em: <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44584/1/9789241548151_eng.pdf>. Acesso em: 06 set. 2016.

_____. **Safer water, better health: Costs, benefits and sustainability of interventions to protect and promote health**. Suíça, 2008. Disponível em: <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/43840/1/9789241596435_eng.pdf>. Acesso em: 20 set. 2016.

_____. **Water Quality Monitoring: A Practical Guide to the Design and Implementation of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programmes**. 1996. Disponível em: <http://www.who.int/water_sanitation_health/resourcesquality/waterqualmonitor.pdf>. Acesso em: 06 set. 2016.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO; UNICEF. **Brazil: estimates on the use of water sources and sanitation facilities (1980 – 2015)**. Paris, 2015b. Disponível em:

<[http://www.wssinfo.org/documents/?tx_displaycontroller\[type\]=country_files](http://www.wssinfo.org/documents/?tx_displaycontroller[type]=country_files)>. Acesso em: 05 set. 2016.

_____. **Progress on sanitation and drinking water**: 2015 update and MDG assessment. Suíça, 2015a. Disponível em: <http://www.wssinfo.org/fileadmin/user_upload/resources/JMP-Update-report-2015_English.pdf>. Acesso em: 20 set. 2016.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION - Geneva, CH, WMO .
International conference on water and the environment : development issues for the 21st century : 26-31 January 1992, Dublin, Ireland : keynote papers. Suíça, 1992. Disponível em:
<<http://www.ircwash.org/resources/international-conference-water-and-environment-development-issues-21st-century-26-31>>. Acesso em: 01 set. 2016.

ZERWES, M. S. Análise da qualidade água de poços artesianos do município Imigrante, Vale do Taquari/RS. **Ciência e Natura**, Rio Grande do Sul, v. 37, n.4, p. 651-663, 2015.

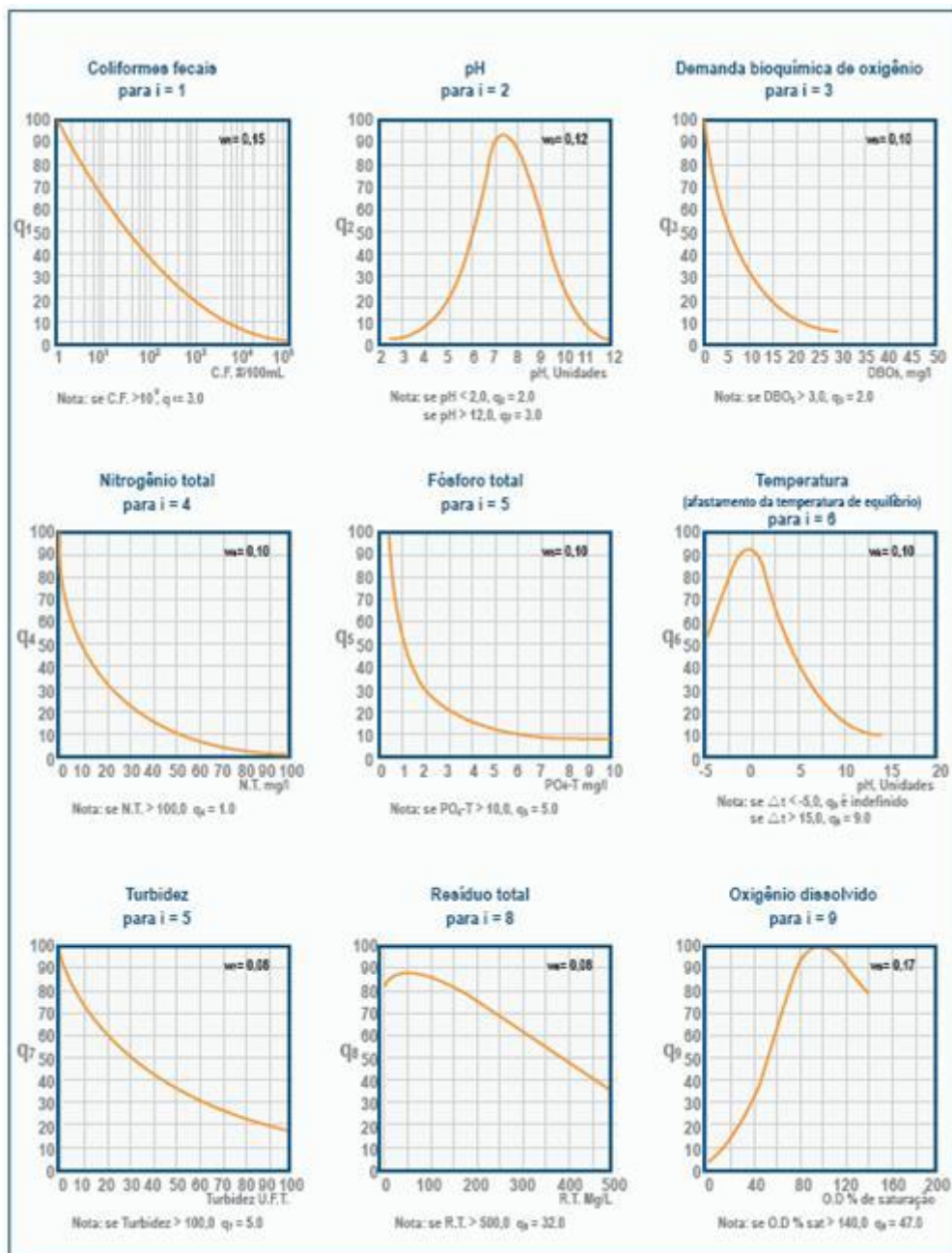
ANEXOS

ANEXO A - Parâmetros do Índice de Qualidade da Água e seus respectivos pesos.

Parâmetro	Peso Relativo - w_i
Oxigênio Dissolvido (% OD)	0,17
Coliformes Fecais (NPM/100mL)	0,15
pH	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO _{5,20} (mg.L ⁻¹)	0,10
Fósforo Total (mg.L ⁻¹)	0,10
Temperatura (°C)	0,10
Nitrogênio Total (mg.L ⁻¹)	0,10
Turbidez (UNT)	0,08
Sólidos Totais (mg.L ⁻¹)	0,08

Fonte: Adaptado de ANA (2017).

ANEXO B - Curvas médias de variação dos parâmetros de qualidade das águas para o cálculo do IQA.



Fonte: ANA (2017).